



**Avaliação da tecnologia de taxa variável
(VRT) para a adubação de fundo da cultura de
milho-grão**

Rui Guilherme Botas Duarte Calças

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em:

Engenharia Agronómica

Orientador: Doutor José Rafael Marques da Silva

Orientador: Doutor Ricardo Nuno Fonseca Garcia Pereira Braga

Júri:

Presidente: Doutor Henrique Manuel Filipe Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor José Paulo Pimentel de Castro Coelho, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
Doutor José Rafael Marques da Silva, Professor Auxiliar com Agregação da Universidade de Évora, orientador.

Agradecimentos

Quero agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a elaboração desta dissertação assim como para o meu percurso académico no Instituto Superior de Agronomia e na Universidade de Évora, em particular:

Aos meus amigos pela paciência, e pela partilha.

Também à minha família, pelos conselhos e apoio, permitindo assim conseguir chegar mais longe todos os dias, em especial à minha mãe e à minha irmã.

Ao Professor João Serrano, por me ter sugerido um tema e várias pessoas com quem podia contar para desenvolver o meu trabalho de dissertação, e assim uma mais valia no meu desenvolvimento pessoal.

Ao Eng^o Henrique Chia, o meu tutor, pela oportunidade que me deu em poder colaborar no desenvolvimento deste projeto consigo, e a sua disponibilidade em me ajudar em tudo o que foi necessário.

Ao Professor José Rafael Marques da Silva pelos conselhos e ajuda que me deu ao longo da elaboração da dissertação.

Ao professor Ricardo Braga pelas ideias e conselhos que me deu, resultando numa mais valia para mim e para a dissertação.

A todos os que de alguma forma me ajudaram, um bem hajam.

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo o estudo do efeito da utilização da fertilização diferenciada, recorrendo à tecnologia de taxa variável ou em inglês *variable rate technology* (VRT), para a adubação líquida de fundo em fósforo e potássio, na produtividade de milho grão, na cultura do milho.

Para atingir este objetivo foi delineado um ensaio de milho grão (*Zea mays*), da variedade P1535 da Pioneer, no pivot 6 da Herdade das Romeiras, que se encontra perto de Estremoz em Portugal. O ensaio é composto por 3 modalidades de fertilização em faixas de 24 linhas, com 3 repetições. O clima associado a esta zona denomina-se por Csa, segundo a caracterização de Köppen-Geiger. A área total do ensaio são cerca de 9 ha.

As faixas foram analisadas em termos de produtividade, com base nos dados recolhidos através os sensores instalados na ceifeira debulhadora, e através de 3 m² de plantas recolhidas em 8 pontos, onde se observou o peso de mil grãos, número de plantas, número de linhas por espiga e grãos por linha. Os pontos de amostragem foram escolhidos tendo em conta o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e os vários níveis de fertilização. No total recolheram-se 180 plantas, e através das quais verificou-se que as densidades de plantas variaram de ponto para ponto, assim como o peso de mil grão.

Na análise estatística aos dados recolhidos com a ceifeira-debulhadora, verificou-se diferenças significativas entre tratamentos e repetições. Obteve-se a melhor margem bruta no tratamento em que se fertilizou com 600 l/ha, o tratamento dos 800 l/ha foi o mais produtivo, e o tratamento VRT teve uma menor amplitude produtiva.

Com os resultados desta dissertação espera-se contribuir para que num futuro próximo, a fertilização do milho seja mais racional e sustentável, ambiental e economicamente.

Palavras-Chave: Agricultura de Precisão, Tecnologia de taxa variável, Milho grão, Fósforo e Potássio.

Abstract

The goal of this dissertation is to study the effect of VRT (variable rate fertilization), with a starter liquid fertilization of phosphorus and potassium, on grain maize yield.

To better analyze and realize the goal of this dissertation a trial field was planned using a type of maize (*Zea mays*), hybrid P1535 from Pioneer. The trial was located in Herdade das Romeiras, at the center pivot 6, near Estremoz in Portugal. The climate in this area is characterized like Csa by Köppen-Geiger. The trial field was 3 different fertilization strategies and a total area of 9 ha. Each one of the strategies, uses bands of 24 lines, and 3 repetitions, in all of the field trial.

The trial and the bands were analyzed with data collected by the combine and with plants collected in 8 points. The selection of points was based in the NDVI index and the fertilization.

A statistics analysis was been done for the data collected with the combine. Significant differences were found in the methodologies and repetitions. The best profit was achieved in the methodology of 600 l/ha, the methodology of 800 l/ha the production was higher, the variance was smaller in the VRT methodology.

To analyze the 8 points of collected plants, 180 plants were collected. The populations of plants vary from point to point, as well as the weight per 1000 grains.

With the results of this dissertation, in a near future, it's expected that the fertilization of maize can be more rational and sustainable, in both environment and economical aspects.

Key words: Precision Agriculture, Variable Rate Technology, Corn, Phosphorus and Potassium.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Quadros	viii
Acrónimos	xi
1. Introdução	12
1.1. Objetivo	13
2. Revisão Bibliográfica.....	14
2.1. A cultura do milho em Portugal	14
2.2. A importância do Milho-Grão no mundo.....	17
2.3 Botânica e fisiologia do Milho	17
2.4. O milho, as novas tecnologias e a fertilização VRT de fundo em fósforo e potássio.....	20
2.5. Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	21
2.6. Sistema Global de Navegação por satélites (GNSS)	21
2.7. Agricultura de precisão	23
2.7.1. Fertilização de Precisão	25
2.7.2. Condutividade eléctrica aparente do solo.....	26
2.7.3. Tecnologia de Taxa Variável (VRT).....	27
2.8. Nutrição.....	28
2.9. Mobilização mínima	29
2.10. Detecção Remota	30
3. Materiais e Métodos	31
3.1. Delineamento Experimental	31
3.2. Localização e caracterização do ensaio.....	32
3.3. Clima.....	33
3.4. Caracterização Edáfica	35
3.5. Itinerário Técnico da Cultura/Ensaio.....	36

3.6. Ceifeira Debulhadora e Monitor de produtividade.....	40
3.7. Condutividade Elétrica Aparente do Solo (CEa), Recolha de Amostras de Solo e Carta de CEa do solo.....	41
3.8. Carta de Produtividade	43
3.9. Carta de Prescrição.....	44
3.10. Colheita de Amostras de Plantas e Tratamentos de Dados	48
3.11. Tratamento Estatístico e Análise de Variância.....	50
4. Resultados e Discussão.....	51
4.1 Descrição e análise geral dos resultados.....	51
4.2. Análise estatística da produtividade	53
4.3. Análise estatística à Margem Bruta.....	57
4.4. Análise estatística: VRT – 600l/ha e URT 600l/ha	60
4.5. Histogramas.....	60
4.6. Análise estatística à amostragem de plantas	62
5. Conclusões.....	66
Bibliografia.....	68
Anexo I.....	71
Anexo II.....	73
Anexo III.....	75
Anexo IV	78
Anexo V	84
Anexo VI	88
Anexo VII	92

Índice de Figuras

Figura 1 - Variação da área de milho semeada no período 2011-2015.	15
Figura 2 - Estados de desenvolvimento do milho.	18
Figura 3 - Global Positioning System – Radio Signals	22
Figura 4 - Ciclo da agricultura de precisão que se repete ano após ano e permite a criação de uma base de dados.	24
Figura 5 - Carta de produtividade de 2014, com aplicação de fertilizante em taxa uniforme. Indica-se as zonas de ensaio do ano de 2016.	32
Figura 6 - Identificação da parcela (zona a azul na imagem), 38°55'08,6''N e 7°44'34,5''W.	33
Figura 7 - Classificação Climática de Köppen.	34
Figura 8 - Diagrama ombrotérmico de Gaussen, ano agrícola 2015/2016, Estação Meteorológica Estremoz	35
Figura 9 – Carta de solos da parcela na qual se realizou o ensaio.	36
Figura 10 – “Ecosub” a aplicar fertilizante e a preparar a cama da semente.	37
Figura 11 – Órgãos do “Ecosub”, onde se pode ver o braço subsolador, o bico injector de fertilizante e 2 discos para destorroar.	37
Figura 12 – Semeador pneumático de precisão utilizado na sementeira do ensaio.	38
Figura 13 – Cefeira debulhadora Claas Lexion 540, com frente de corte de milho Claas Conspeed de 6 linhas, equipada com monitor de rendimento “Ceres 8000i”.	41
Figura 14 – Sensor de medição de condutividade eléctrica aparente do solo, Veris XA2000.	42
Figura 15 - Condutividade Eléctrica aparente do solo, mS/m, medida com Veris em 2015, e pontos de amostragem de solo.	43
Figura 16 – Relação entre os os níveis de potássio e CEa do solo, nos pontos amostrados.	45
Figura 17 - Relação entre os os níveis de fósforo e CEa do solo, nos pontos amostrados.	45
Figura 18 - Relação entre os os níveis de fósforo e CEa do solo, de alguns dos pontos amostrados.	46
Figura 19 - Relação entre os os níveis de potássio e CEa do solo, de alguns dos pontos amostrados.	46
Figura 20 - Carta de prescrição da parcela, com as faixas do ensaio indicadas.	47
Figura 21 – Carta de condutividade eléctrica aparente do solo, com as faixas de ensaio delimitadas.	48

Figura 22 - Índice de NDVI realizado a 20 de junho de 2016, às 4 a 6 folhas, com as zonas de amostragem de plantas à colheita indicadas.	49
Figura 23 - Carta de produtividade de 2016, no pivot 6, milho com ciclo fao 600. Com as faixas do ensaio indicadas.	52
Figura 24 : Carta de margem bruta de 2016, no pivot 6. Com as faixas do ensaio indicadas.	53
Figura 25 - Histograma da produtividade, em t/ha, dos pontos fertilizados com 600 l/ha.	62
Figura 26 - Quadro representativo do número de plantas em cada ponto de amostragem, à colheita.	63
Figura 27 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 600 l/ha.	75
Figura 28 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 800 l/ha.	75
Figura 29 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 900 l/ha.	76
Figura 30 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 1000 l/ha.	76
Figura 31 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 1100 l/ha.	77

Índice de Quadros

Quadro 1 - Área e produção de milho em Portugal continental.	15
Quadro 2 - Balanço de aprovisionamento dos cereais (excepto arroz).	16
Quadro 3 - Preços anuais dos adubos.	16
Quadro 4 – Calendário de operações.	39
Quadro 5 - Resumo de regas e fertilizações, aplicadas durante o ciclo da cultura.	40
Quadro 6 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade do ensaio.	55
Quadro 7 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade do ensaio (seleccionados).	56
Quadro 8 - Quadro resumo da ANOVA da margem bruta calculados através da produtividade.	57
Quadro 9 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta, resultantes dos dados seleccionados de produtividade.	59
Quadro 10 - Quadro indicativo dos quartis de produção, em t/ha, de cada nível de fertilização.	61
Quadro 11 - Quadro resumo de CEa do solo, NDVI, fertilização, número de plantas, produção estimada, e peso/grão, nos pontos de amostragem de plantas à colheita.	64
Quadro 12 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade recolhidos pela ceifeira.	71
Quadro 13 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta calculados através da produtividade.	72
Quadro 14 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade (seleccionados) recolhidos pela ceifeira debulhadora.	73
Quadro 15 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta, resultantes dos dados seleccionados de produtividade.	74
Quadro 16 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade segundo a fertilização ponto a ponto, entre todos os pontos de fertilização.	78
Quadro 17 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade segundo a fertilização ponto a ponto, entre os pontos de fertilização 600 l/ha e 800 l/ha.	78
Quadro 18 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 1100 l/ha.	79

Quadro 19 - Quadro resumo ANOVA referente à produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 1000 l/ha.	79
Quadro 20 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 900 l/ha.	80
Quadro 21 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com taxas de fertilização 800 l/ha e 600 l/ha.	80
Quadro 22 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com fertilização de 800 l/ha e 1100 l/ha.	81
Quadro 23 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades entre pontos com 900 l/ha e 1000 l/ha.	81
Quadro 24 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com 900 l/ha e 1100 l/ha.	82
Quadro 25 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades entre pontos com 800 l/ha e 1000 l/ha.	82
Quadro 26 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividade entre pontos com 1000 l/ha e 1100 l/ha.	83
Quadro 27 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso do grão (kg/grão), nos pontos de amostragem de plantas.	84
Quadro 28 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso total verde (g), nos pontos de amostragem de grão.	84
Quadro 29 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro nº de linhas/espiga, nos pontos de amostragem de plantas.	85
Quadro 30 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro nº de grãos/linha, nos pontos de amostragem de grão.	85
Quadro 31- Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), nos pontos de plantas amostradas.	86
Quadro 32 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso de mil grãos (g/1000 grãos), nos pontos de plantas amostradas.	86
Quadro 33: Quadro resumo ANOVA, análise de variação ao número de plantas dos 8 pontos amostrados.	87
Quadro 34 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 1. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 50000 plantas/ha.	88

Quadro 35 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 2. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 83333 plantas/ha.	88
Quadro 36 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 3. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 93333 plantas/ha.	89
Quadro 37 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 4. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 83333 plantas/ha.	89
Quadro 38 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 5. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 80000 plantas/ha.	90
Quadro 39 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 6. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 73333 plantas/ha.	90
Quadro 40 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 7. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 76666 plantas/ha.	91
Quadro 41 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 8. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 60000 plantas/h	91
Quadro 42 - Quadro resumo da ANOVA, 1ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.	92
Quadro 43 - Quadro resumo da ANOVA, 2ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.	92
Quadro 44 - Quadro resumo da ANOVA, 3ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.	93

Acrónimos

AP - Agricultura de Precisão.

FP - Fertilização de Precisão.

VRT - *Variable Rate Technology*.

URT – *Uniform Rate Technology*.

IDW – *Inverse Distance Weigth*.

NDVI – *Normalized Diference Vegetation Index*.

CEa do solo – Condutividade eléctrica aparente do solo.

ST – *Strip tillage*.

MC – Mobilização convencional

1. Introdução

A fertilização desempenha cada vez mais um papel chave na produção de alimentos de alto rendimento. Na cultura do milho ganha um papel importante, pois cada vez mais precisamos de aumentar sustentavelmente a produtividade global, de modo a conseguir alimentar a população mundial em crescimento. (FAO)

Em Portugal, o milho, é uma das culturas mais importantes, que ocupa cerca de 130/160 mil hectares em todo o país, com uma produção aproximada de 828 mil toneladas. Esta área poderá sofrer alterações, em parte devido ao projecto Alqueva, que apesar de permitir levar a água onde outrora era escassa nos levanta questões básicas relacionadas com a gestão e racionalização da água e fertilizantes. A outra questão que leva a alterações da área de milho semeada é a política de preços do mercado mundial, que devido a vários factores, nomeadamente por influência dos preços dos factores de produção, em particular o dos fertilizantes origina flutuações no preço do milho. No que diz respeito às importações deste cereal actualmente a produção portuguesa satisfaz apenas 34% do mercado interno português, segundo dados das estatísticas agrícolas nacionais (Estatísticas Agrícolas, 2015).

O milho é uma cultura de enorme pontencialidade produtiva em regadio, sendo que na agricultura portuguesa é motor de uma boa economia regional e nacional. Contudo, os aspectos climáticos e práticas culturais menos adequadas poderão ser factores limitantes da cultura em solo português.

As associações de produtores, em especial a Associação de Produtores de Milho e Sorgo (Anpromis) estão cada vez mais atentas a novas técnicas e novos sistemas de produção na cultura do milho. Apesar de se registar no caso português um pequeno atraso tecnológico, estamos numa fase de crescimento, onde se verifica a introdução de novas variedades, mais adaptadas às nossas condições edafoclimáticas, resultado de um trabalho genético e que vão de encontro às várias adaptações que se podem fazer ao nível do modo de produção, incluindo novas tecnologias de fertilização. Estas novas variedades melhor preparadas para o nosso solo irão conduzir a um planeamento para além do regadio, como por exemplo adubações e tratamentos fitossanitários diferenciados, tentando melhorar o rendimento do produtor e aumentar a produtividade.

Esta notável evolução tecnológica nomeadamente no cultivo do milho é seguramente necessária para uma actividade agrícola sustentável, em termos técnicos, económicos ou sociais. É com base no desenvolvimento de instrumentos computacionais que permitem uma monitorização e

geoposicionamento, que se evolui para uma gestão agrícola mais precisa e exacta. Nos últimos 20 anos a agricultura tem sido complementada com vários destes sistemas e suportes electrónicos assistindo-se a uma progressiva integração das tecnologias de informação.

Dando os primeiros passos nesta revolução tecnológica da agricultura, com esta dissertação objectivou-se estudar a utilização da tecnologia VRT aplicada à fertilização líquida de fundo na cultura do milho para grão.

1.1. Objetivo

O objectivo desta dissertação é:

- Avaliar a vantagem agronómica e económica da fertilização VRT face à aplicação convencional em taxa uniforme.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A cultura do milho em Portugal

A cultura do milho em Portugal tem uma grande expressão, que em grande parte se deve ao facto de existir alguma água disponível, água essa que possibilita melhores produtividades, e que representa um grande fator limitante no sucesso da cultura em Portugal.

Segundo a Anpromis, Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo, o milho é a cultura mais importante em termos de culturas arvenses, e a que mais explorações agrícolas envolve. Estimando-se de momento a existência de 75000 unidades produtivas.

A dupla aptidão desta cultura, permite que o milho seja utilizado como grão ou como forrageiro. No caso do milho grão este pode ser utilizado na alimentação humana sob a forma de amidos, griz ou farinhas, na alimentação animal em formulações para rações, e mais recentemente o milho pode também ser utilizado na produção de energias renováveis e na constituição de materiais biodegradáveis (Eng. Luis Vasconcelos e Sousa, 2015). A sua utilização forrageira está normalmente ligada à forma de silagem como suplemento ou como principal alimento na alimentação animal.

As sementeiras fazem-se na maior parte dos casos recorrendo a técnicas de mobilização do solo convencionais (charrua, grade e/ou escarificador, e grade rotativa ou fresa), mas existem casos pontuais em que se utiliza técnicas de mobilização na zona, com o intuito de conservar melhor as propriedades químicas e físicas do solo, técnicas essas utilizadas também noutros países, nomeadamente nos Estados Unidos da América. As técnicas de rega utilizadas dependem da disponibilidade de água, sendo que existem explorações a utilizar técnicas de rega de superfície, outras a utilizar técnicas de rega gota-a-gota e ainda outras a optar por técnicas de rega por aspersão.

Nos três anos anteriores ao ensaio verificou-se uma diminuição, quer da área de milho semeada quer de toneladas de milho grão colhidas, cerca de 12% menos área que correspondeu a menos 10% em termos de toneladas. Na figura 1 está representada a variação da área de milho entre 2011 e 2015, como podemos observar neste curto período temos um aumento da área semeada a partir de 2011 até 2013, e que decresce até 2015. Em média um hectare de milho grão em Portugal produz 8,45 t/ha, um valor baixo para regadio e insuficiente para pagar os custos variáveis. A variação de preços dos factores de produção, no caso dos fertilizantes, que teve uma tendência decrescente nos últimos 3 anos, cria a necessidade de uma maior racionalização na sua utilização. Como se

consegue observar no quadro 3, em termos de fertilizantes azotados, quando comparamos os últimos três anos, estamos hoje, portanto a fazer uma fertilização mais cara que em 2010.

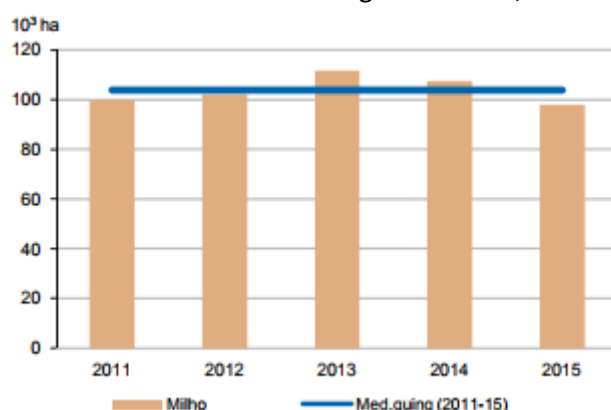
Quadro 1 - Área e produção de milho em Portugal continental.

Fonte: Estatísticas agrícolas 2015, INE.

Portugal	Anos	Superfície			Produção		
		2013	2014	2015	2013	2014	2015
		ha			t		
Culturas							
CULTURAS TEMPORÁRIAS							
Cereais para grão							
Milho		111 792	107 642	97 911	929 538	896 994	827 544
Arroz		30 177	28 754	29 142	180 155	167 322	184 918
Trigo mole		50 755	46 187	37 015	89 336	94 957	74 490
Trigo duro		1 422	1 639	2 721	2 678	3 836	5 903
Centeio		21 059	19 791	18 099	18 210	17 629	15 494
Triticale		30 403	30 197	22 734	46 909	47 161	38 481
Aveia		50 192	50 540	40 415	62 632	67 442	48 971
Cevada		18 383	17 165	21 170	32 949	37 914	44 402

Figura 1 - Variação da área de milho semeada no período 2011-2015.

Fonte: Estatísticas Agrícolas 2015, INE.



Portugal não é um país autossuficiente em cereais, tendo um grau de auto-aprovisionamento médio nas 3 campanhas de 24,7%, como se apresentam no quadro 2. O caso do milho grão não é excepção, e como tal só temos capacidade de sustentar 34,4% do nosso consumo interno. A maior parte do milho utilizado em Portugal serve a produção animal e apenas uma parte muito residual se destina ao consumo humano, cerca de 4% da produção. (Estatísticas Agrícolas, 2015)

Quadro 2 - Balanço de aprovisionamento dos cereais (excepto arroz).

Fonte: Estatísticas agrícolas 2015, INE.

Portugal									Unidade: 10 ³ t	
Produtos Campanhas (a)	Rubricas	Produção utilizável	Comércio internacional		Recursos disponíveis	Utilização interna			Capitação	Grau de auto- aprovi- sionamento
	Entrada		Saída	Total		Da qual:				
						Alimentação animal	Consumo humano			
								kg	%	
Total de cereais										
	2012/2013	995	3 740	350	4 385	4 498	2 685	1 354	129,0	22,1
	2013/2014	1 169	3 829	435	4 563	4 582	2 779	1 345	129,0	25,5
	2014/2015 Po	1 169	3 730	518	4 381	4 366	2 606	1 332	128,5	26,8
Trigo total										
	2012/2013	59	1 468	200	1 327	1 422	230	1 156	110,2	4,1
	2013/2014	81	1 492	218	1 355	1 415	230	1 148	110,1	5,7
	2014/2015 Po	99	1 550	275	1 374	1 409	232	1 139	109,8	7,0
Trigo duro										
	2012/2013	4	239	34	209	194	40	152	14,5	2,1
	2013/2014	3	210	34	179	189	35	152	14,6	1,6
	2014/2015 Po	4	213	37	180	185	32	150	14,5	2,2
Trigo mole										
	2012/2013	55	1 229	166	1 118	1 228	190	1 004	95,7	4,5
	2013/2014	78	1 282	184	1 176	1 226	195	996	95,5	6,4
	2014/2015 Po	95	1 337	238	1 194	1 224	200	989	95,3	7,8
Centeio										
	2012/2013	15	38	1	52	52	1	47	4,5	28,8
	2013/2014	18	37	1	54	51	1	47	4,5	35,3
	2014/2015 Po	18	35	2	51	50	1	46	4,4	36,0
Cevada										
	2012/2013	21	299	37	283	287	150	11	1,0	7,3
	2013/2014	30	345	49	326	310	175	11	1,1	9,7
	2014/2015 Po	38	322	72	288	274	160	11	1,1	13,9
Avela										
	2012/2013	31	17	9	48	49	30	13	1,2	63,3
	2013/2014	60	29	1	88	85	65	13	1,2	70,6
	2014/2015 Po	67	19	5	81	79	60	12	1,2	84,8
Milho										
	2012/2013	849	1 890	107	2 632	2 636	2 230	125	11,9	32,2
	2013/2014	930	1 901	163	2 668	2 655	2 250	124	11,9	35,0
	2014/2015 Po	897	1 780	160	2 517	2 494	2 100	122	11,8	36,0
Outros cereais (b)										
	2012/2013	20	28	5	43	52	44	2	0,2	38,5
	2013/2014	50	25	3	72	66	58	2	0,2	75,8
	2014/2015 Po	50	24	4	70	60	53	2	0,2	83,3

2.2. A importância do Milho-Grão no mundo

O milho é a cultura com maior expressão a nível mundial. A produção mundial de milho foi da ordem de 1037,8 milhões de toneladas em 2014, sendo que os Estados Unidos da América têm um papel de elevada importância na produção deste cereal. Cerca de 43% da produção mundial de milho é produzida nos estados unidos, em 2014 este país produziu cerca de 442,8 milhões de toneladas (FAO).

Segundo dados da FAO, é notória uma tendência de aumento da produtividade desde 1961 até 2014 nos USA. Esta tendência também se manteve a nível mundial. Estes aumentos são fruto de uma maior investigação ao nível da cultura e como tal um maior *know-how*. A modernização da agricultura nos últimos anos também tem levado a melhorias de eficácia e eficiência da utilização dos factores de produção, o que se traduz numa maior produtividade assim como mais sustentável.

2.3 Botânica e fisiologia do Milho

Este cereal C4 que pertence à divisão das Fanerogâmicas, subdivisão das Angiospérmicas, classe das Monocotiledóneas, ordem das Gramínideas, família das Gramíneas, género *Zea* L. e espécie *Zea Mays* L.

O milho, como gramínea, possui um sistema radicular fasciculado, com raízes adventícias que lhe podem conferir alguma resistência à acama. Estas surgem no estado fenológico de 5 a 6 folhas. O caule é um colmo meduloso, erecto, que em boas condições de crescimento desenvolve 16 nós. As folhas são compridas, largas, paralelinérvias, de disposição alterna, lanceoladas, alternas, sem lígula, de bainha longa, bordos ásperos, glabras ou pubescentes, com nervuras rectilíneas-paralelas e uma nervura funda ao meio na página superior. (Bennetzen et al., 2008)

As flores surgem agrupadas em inflorescências masculinas e femininas (planta monóica). A inflorescência masculina é uma panícula (bandeira), e aparece na extremidade do caule e contem duas espiguetas. Cada espiguetas tem 2 flores, uma fértil e a outra estéril. A inflorescência feminina surge entre o 6º e o 8º nó na axila das folhas em número de uma, por vezes podem aparecer duas espigas, sendo que a segunda espiga compete com a primeira, e a planta pode abortar esta segunda espiga. A espiga é composta por espiguetas unifloras (maçaroca), pode ter de 16 a 22 linhas e cada linha com

número variável de grãos, normalmente entre os 35 e os 50 grãos. Está envolta por brácteas, de onde saem longos estiletes (barbas) terminados por dois estigmas. As brácteas são solidárias ao pedúnculo e o centro da espiga é carnudo (carolo). (Bennetzen et al., 2008)

A dificuldade de se manter linhas puras deve-se ao facto de a polinização ser maioritariamente cruzada, um fenómeno chamado de protândria, ou seja, as flores masculinas atingem a maturação primeiro que as flores femininas. (Otegui et al., 2000)

O grão do milho-grão é uma cariopse indeiscente, monospermico, apocárpico, com semente ligada ao pericarpo e agrupado em infrutescências. É raro o aparecimento do chamado milho rei, já que a característica grão vermelho está ligada a um gene recessivo. O peso de mil grãos varia entre 250 e 300 g.

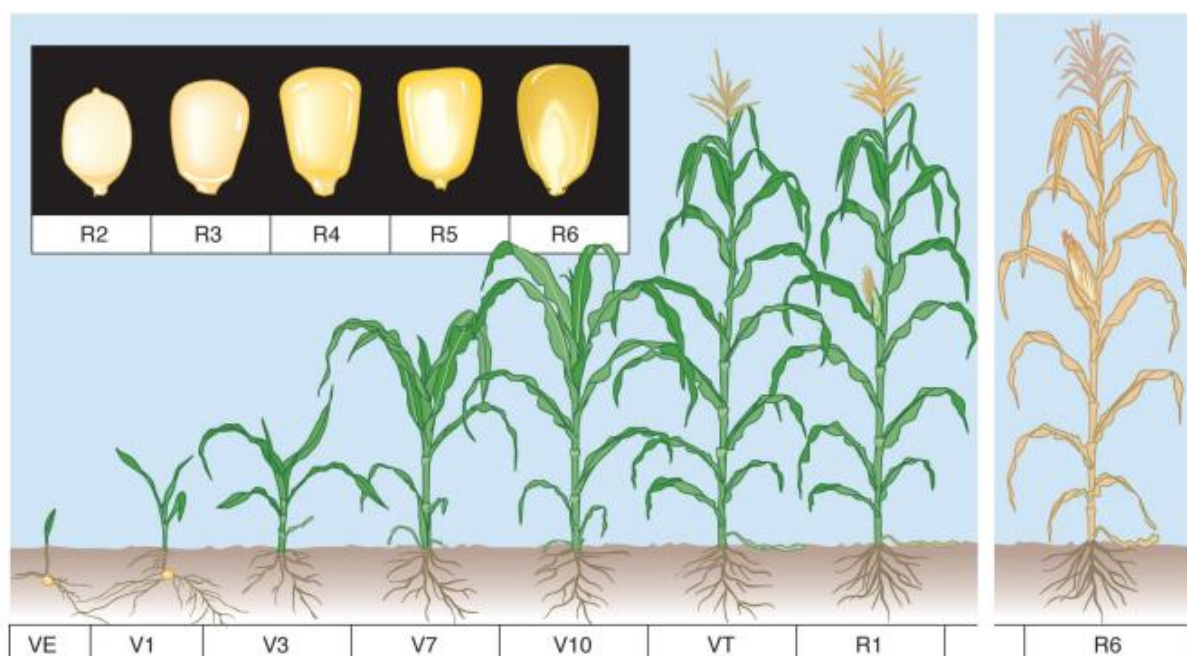


Figura 2 - Estados de desenvolvimento do milho.

Fonte: Illionois Agronomy handbook.

Os estados fenológicos que se observam na figura 2, são divididos em 2 fases, a fase vegetativa e a fase reprodutiva. A fase vegetativa é constituída pelos seguintes estados: VE – emergência, V1 – 1ª folha, V2 – 2ª folha, V3 – 3ª folha, Vn – n folha, VT – embandeiramento. E a fase reprodutiva é compreendida pelos seguintes estados: R1 – aparecimento das sedas (*Silking*), R2 – emborrachamento (*Blister*), R3 – leitoso (*Milk*), R4 – pastoso (*Dough*), R5 – vítreo (*Dent*), R6 – maturação fisiológica. Estes estados têm uma duração variável dependendo do ciclo FAO do milho cultivado, e podem variar da

seguinte maneira: da sementeira a VE: 5-15 dias; VE a V8/V9 - 25-45 dias; V8/V9 a VT -10-30 dias; VT a R6 - 30-65 dias, no total pode variar entre 70-155 dias.

O ciclo FAO 100, o mais pequeno, pode ter uma duração até 85 dias e classifica-se como ultraprecosse. O ciclo FAO 900 é o ciclo mais longo e pode ser classificado como ultra-tardio, e que pode ter mais de 150 dias de duração. Existem outros ciclos como o FAO 200, 300, 400, 500, e 600. Este último ciclo que vai ser utilizado no ensaio da dissertação pode variar entre 115-118.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho varia entre 24 e 29°C. A acumulação de temperatura considerando o zero vegetativo 10°C, ou por outras palavras, os graus dias da cultura variam consoante a duração do seu ciclo, podem então variar entre 1500 e 1900°C. (Girardin, 1999)

O período vegetativo do milho inicia-se com a germinação, que exige uma temperatura mínima do ar de 10°C e dura entre 5 e 15 dias, conforme a temperatura e estado hídrico do solo. Começa aqui o primeiro parâmetro determinante na produtividade, a densidade de plantas. (Girardin, 1999)

Quando a cultura atinge o estado de 3 a 4 folhas (V3/V4), o crescimento parece parar, o que permite a formação das raízes. Até aquele estado fenológico a cultura é muito sensível à geada e ao encharcamento.

A partir da fase V4 a V6, começam-se a formar os órgãos reprodutores da planta, a importância de água e nutrientes disponíveis para as plantas é alta. Desta fase até ao estado R4/R5 existem muitos componentes em desenvolvimento, passíveis de determinar a produtividade. O aparecimento da diferenciação floral leva à determinação dos principais componentes da produção: nº de espigas, nº de linhas por espiga e o nº de óvulos/grãos por linha. (Girardin, 1999)

Até à floração, o ápice desenvolve a panícula masculina dando início ao período reprodutivo, consequentemente aparecem as flores femininas e as sedas. A água nesta fase é de elevada importância, pois caso falte, o número de grãos por espiga será menor, como consequência de uma diminuição do número de flores femininas. (Bennetzen, 2009)

A fecundação dá-se através da entrada de pólen pelas sedas, pólen este que é proveniente de flores masculinas. Existe pólen disponível no campo durante 15 dias e a fecundação realiza-se 48 a 72 horas depois da polinização. Esta é na maioria dos casos cruzada, pois existe um desfasamento, cerca de 3 dias, entre a maturação das flores masculinas e das femininas da mesma planta. A floração é uma altura muito crítica, pois as plantas estão muito sensíveis às altas temperaturas (>35°C), e a quantidade de pólen viável é muito menor o que pode levar a uma redução do número de grãos por espiga e

consequentemente do tamanho da mesma. A espiga, após a polinização, atinge sua dimensão máxima. (Girardin, 1999)

Durante cerca de um mês e meio as espigas desenvolvem-se, passando o grão pelo estado de leitoso, pastoso e vítreo.

A fase de enchimento do grão é determinante na produção, pois é quando se define o peso de grão. Durante esta fase o grão perde humidade desde cerca de 85% no emborrachamento R2, 80%, no estado R3 (leitoso), 70% quando pastoso (R4) e cerca de 55% já no estado vítreo (R5). O ponto negro dá indicação da maturação fisiológica do grão, estado R6, e nesta altura estamos com entre 30% e 35% humidade no grão, a colheita tende a se realizar na maioria dos casos entre 19-27% de humidade, mas por vezes existem anos benevolentes para a colheita deste cereal e que permitem colher o grão com um teor de humidade perto daquele com que usualmente se armazena, isto é 14,5% de humidade (Otegui, 2000).

2.4. O milho, as novas tecnologias e a fertilização VRT de fundo em fósforo e potássio

A mecanização homogénea da parcela, a variabilidade do solo e a heterogeneidade de produções criaram a necessidade de variar alguns factores de produção. Pretende-se assim ser mais competitivo economicamente e mais sustentável ambientalmente. Antigamente antes do início da agricultura mecanizada cada parcela era mais pequena e as suas heterogeneidades eram tratadas de diferentes formas. Com a evolução da mecanização e com o tamanho das parcelas a aumentarem devido ao tamanho das máquinas, o tratamento destas mesmas parcelas passou a ser homogéneo.

Com as novas tecnologias, em agricultura de precisão inicia-se o processo de gestão diferenciada das parcelas.

A cultura do milho é mecanizada desde a instalação na parcela até à indústria transformadora, como tal com os recursos disponíveis inicia-se a gestão diferenciada na parcela. Pretende-se rentabilizar os factores de produção em termos agronómicos e económicos.

2.5. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Os sistemas de informação geográfica são programas de informáticos que tratam informação espacial convertendo-a em dados alfanuméricos. Permitem uma maior capacidade de interação da informação, e a manipulação dos atributos associados à informação espacial (Coelho et al., 2004).

Existem no mercado vários software que permitem trabalhar com informação espacial associada a informação alfa numérica. O ArcGIS, o QGIS, o Global Mapper são alguns tipos de software que estão disponíveis, os quais podem ter licenças de utilização gratuitas e outras pagas. O software “QGIS”, é um software gratuito e open source, permitindo assim que utilizadores mais experientes possam construir ferramentas e assim fazendo com que o software disponha de mais funcionalidades e de funcionalidades mais evoluídas.

Os SIG's permitem que várias pessoas, nomeadamente, os técnicos/engenheiros agrícolas e agricultores possam organizar dados e retirar informações através das quais podem tomar decisões relacionadas com amostragens, ou sobre segmentação de parcelas para aplicação de produtos diferenciadamente, e até para perceberem a influência das suas decisões, decisões essas que no fundo pretendem melhorar sustentável e economicamente a performance de uma cultura.

2.6. Sistema Global de Navegação por satélites (GNSS)

O GNSS refere uma constelação de satélites que transmite sinal de posicionamento e tempo a um receptor GNSS. O receptor GNSS usa essa informação para determinar a sua posição. O seu desempenho mede-se através de 4 critérios. A exactidão, a diferença entre a posição medida pelo receptor e a sua posição real, em tempo e velocidade. A integridade que é a capacidade do sistema detectar erros nos dados de posicionamento e alertar. Continuidade do sinal, ou seja, a capacidade que o sistema tem de funcionar sem interrupção. E por último a disponibilidade, que se caracteriza pela percentagem de tempo que o sinal está totalmente disponível, com exactidão, integridade e continuidade do sinal. (European GNSS Agency, 2018)

Só em 1995 o sistema de posicionamento global passou a poder ser utilizado comercialmente, pois até então apenas tinha sido utilizado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América, NAVSTAR. O sistema GPS é dividido num conjunto de satélites e um recetor de sinais de utilizador,

qualquer uma destas partes tem um relógio, um recetor de ondas rádio e um determinado software. Este sistema é suportado por um conjunto de 24 satélites que individualmente passam de 12 em 12h no mesmo sítio. Partindo do princípio que a qualquer momento um determinado objeto no ar ou na superfície terrestre tem ao seu dispor 3 a 4 satélites é possível determinar a sua localização, tendo em conta que existe um erro associado. (Coelho et al., 2004)

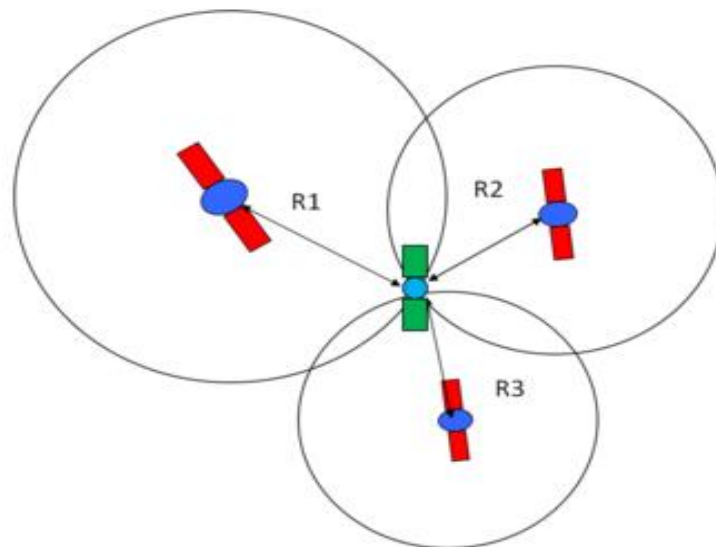


Figura 3 - Global Positioning System – Radio Signals

A utilização de sistemas GPS no nosso dia-a-dia é regular e normal. Quando falamos de agricultura de precisão, e fertilização de precisão a taxa variável o GPS tem o papel importante de fazer chegar ao software que equipa as máquinas de aplicação diferenciada informação precisa sobre o seu posicionamento geográfico para esta se poder ajustar e aplicar a quantidade indicada na carta de prescrição consoante a zona em que se encontra. Para além disso o GPS também permite o auto-guiamento de máquinas, com consequentes reduções de sobreposições, ou a existência de bandas não tratadas, e mais importante ainda dá a possibilidade de o operador tomar mais atenção aos equipamentos com que está a trabalhar com vista a melhorar o desempenho dos mesmos.

A natureza dos erros associados à utilização deste sistema deve-se a erros na introdução do Datum, erro na hora do relógio do satélite e do recetor, erro na órbita, interferência da atmosfera (faz variar a velocidade das ondas radio), disposição dos satélites (de preferência triangular), o nº de satélites visíveis que devem ser pelo menos 3, e os objetos à superfície, conforme é inumerado pela NASA, no seu site.

O sistema DGPS permite uma maior precisão na condução automática, a utilização de uma antena com sinal RTK no trator ou na alfaia, e outra num local fixo (estação base) pode reduzir o erro de

posição até cerca de 1cm. Em Portugal existe uma rede de antenas chamada RENEP, que funcionam como estações base, e são de utilização gratuita.

Além do serviço NAVSTAR existe também o sistema russo, o GLONASS, e ultimamente a Europa tem vindo a desenvolver o GALILEO, que são sistemas globais de navegação por satélite.

2.7. Agricultura de precisão

O conceito de agricultura de precisão é amplo e está por vezes associado a utilização de tecnologias caras e complexas (GPS, automatização de processos, SIG), isso não é verdade. Hoje em dia qualquer smartphone, permite com alguma precisão recolher amostras georreferenciadas, delimitar áreas de intervenção, armazenar informação. A agricultura de precisão está fortemente relacionada com a informação, a sua gestão, e uma tomada de decisões mais conscientes.

O objetivo da agricultura de precisão está associado ao melhoramento do rendimento dos agricultores e à redução do impacto ambiental associado à atividade agrícola (Coelho et al., 2004).

Com o desenvolvimento da mecanização foram sendo criados campos de trabalho cada vez maiores, mas que são heterogéneos e que são submetidos a tratamentos homogéneos. Como tal nem todas as zonas de uma determinada parcela têm o mesmo ótimo de resposta aos vários factores de produção, é aí que nasce a necessidade de conhecer a variabilidade das parcelas e criar novas formas de gestão dessas áreas (Coelho et al., 2004).

A agricultura de precisão é um ciclo continuo de recolha georreferenciada de dados, tratamento de dados, tomada de decisões. Segundo Liu et al., 2012, a chave da agricultura de precisão é conseguir utilizar ferramentas de processamento e gestão dados, tendo a informação identificada com coordenadas geográficas, e tirar partido das mesmas.

Na figura 4 é apresentado em esquema o ciclo da agricultura de precisão, que se resume em: recolha de dados, atuar com base nos dados e recolha de dados novamente.

O conceito agricultura de precisão decorre do processo do desenvolvimento da própria agricultura, associado a este processo estão as questões de desenvolvimento tecnológico e consciencialização ambiental.

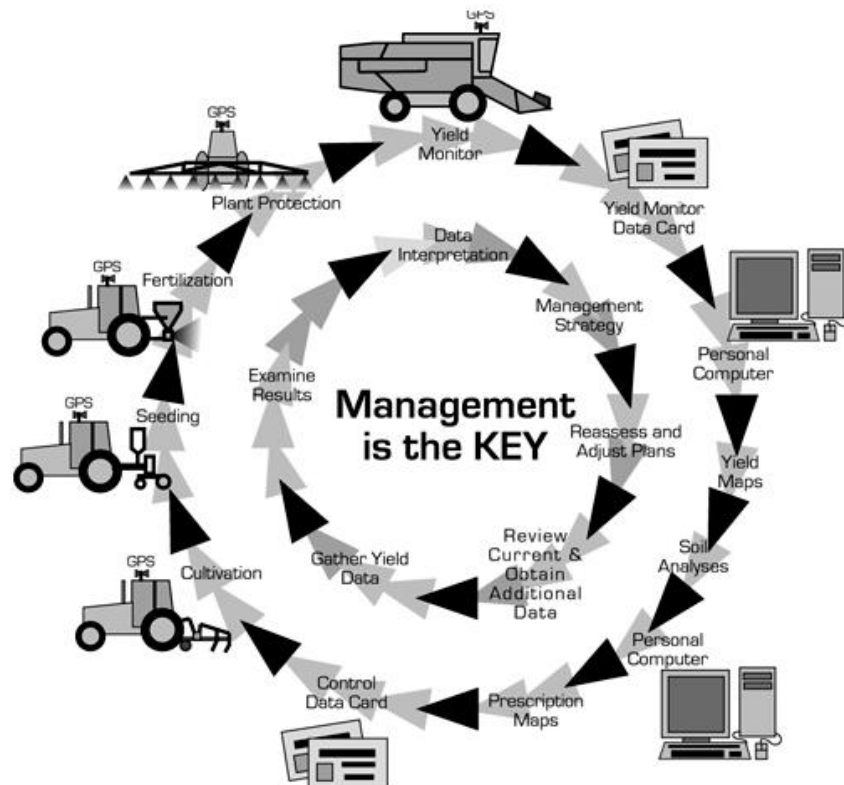


Figura 4 - Ciclo da agricultura de precisão que se repete ano após ano e permite a criação de uma base de dados.

Fonte: Grisso et al., Virginia Tech.

O aparecimento de novas tecnologias GPS, SIG em consonância com o desenvolvimento mecânico da própria agricultura leva a uma rentabilidade operacional onde é possível a variabilidade espacial da produtividade de uma cultura ser avaliada não só no contexto da sua aplicação no terreno, mas em toda a sua aplicação na área envolvente. Assim esta precisão permite não só poupar os recursos naturais, como o solo ou a água, como também avaliar num todo a biodiversidade.

Trata-se de uma gestão racionalizada dos vários recursos naturais que variam com o decurso do tempo. Com a crescente consciencialização e o incremento destas novas técnicas, observa-se uma mudança, permitindo pensar de forma satisfatória que se caminha cada vez mais para uma agricultura monitorizada onde a aquisição tecnológica, de maquinaria e de software de gestão de dados irão ter num futuro próximo, diferentes aplicações contribuindo assim, não só para a rentabilização da parcela em termos de produtividade e seus factores.

Relativamente à agricultura portuguesa como descrito, esta é um pouco mais modesta do que as suas congéneres europeias em termos de produtividade e até mesmo qualidade associada à rentabilidade do terreno. A proliferação, desta nova consciencialização tecnológica no mundo agrícola, e sua incrementação vai levar a um consequente mapeamento das parcelas de terreno, incluindo a fertilidade, para que exista assim uma maior rentabilidade e sustentabilidade no mundo agrícola.

2.7.1. Fertilização de Precisão

Na fertilização de precisão pretende-se que através da recolha rápida e eficiente de dados se consiga obter um mapeamento do solo de modo a entender qual o seu impacto no crescimento das plantas (Liu et al., 2012).

Existem várias formas de fazer fertilização de precisão, no entanto há que perceber primeiramente como varia o solo. Após esta etapa pode recorrer-se a sensores *real time*, *proximal sensors*, e à deteção remota (Diacono et al., 2013).

Existem alguns métodos em que nos podemos basear para decidir a quantidade de fertilizante que devemos aplicar ao solo para o crescimento de planta. O modo Standard em que só se aplica a quantidade de nutrientes necessária para o crescimento de uma determinada planta se existir necessidade (Thomsen and Olesen, 2000). O modo do balanço em que através de uma análise e de um balanço existências/necessidades obtemos a quantidade de fertilizante a aplicar ao solo (Griffin and Honeycutt, 2000). E o método de diagnóstico de nutrientes em que baseado na química da planta, se elabora uma carta de prescrição consoante o que existe na planta e o que é necessário (Honeycutt et al., 1993) e (Chen et al., 2014).

Em 2010, Helong et al., desenvolveram um modelo que para um máximo de produtividade ou de rendimento, em que através do nível de nutrientes no solo, teríamos uma determinada taxa de fertilização em K. Este modelo é influenciado pela MO do solo, pH e humidade. Segundo os autores existem outros factores que também influenciam a quantidade de fertilizante a aplicar e que não estão a ser levados em conta, ou que são admitidos como constantes e que levam a uma menor exatidão.

O mapa de prescrição deve ser elaborado de modo a que a largura das zonas de gestão seja múltipla da largura de trabalho da alfaia que estamos a utilizar para aplicar o fertilizante. Pois segundo

Fulton et al., 2012, é importante reduzir os erros associados à aplicação, e muitas vezes o que realmente se aplica não é exactamente o que se prescreve.

2.7.2. Condutividade eléctrica aparente do solo

A condutividade eléctrica aparente do solo permite mapear a variabilidade do solo, determinando padrões de compactação, matéria orgânica ou humidade. Caracteriza espacial e temporalmente, caso se faça medições ao longo do tempo, as propriedades edáficas e antropogénicas que ocorrem no solo (Ladislau, 2009).

A avaliação da variabilidade do solo é a base para a gestão diferenciada da fertilização (Serrano et al., 2010), a partir da qual se realiza uma amostragem do solo. Cada uma das amostras é um conjunto de 5 sub-amostras (Serrano et al., 2010).

Com a utilização da agricultura de precisão o número de amostras de solo por hectare, necessárias à elaboração de cartas de nutrientes é da ordem das 100, caso não se utilize algum padrão (Ferguson, 2009).

Existem diversas formas de diferenciar as zonas de gestão da parcela que podem funcionar em conjunto e complementar a informação dada pela condutividade eléctrica aparente do solo, e o teor de matéria orgânica é uma dessas formas (Alves, 2013).

Alguns parâmetros do solo que têm relações consideráveis com a CEa do solo, exemplos disso são os teores de argila (Machado, 2006), e micronutrientes (Peralta, 2013).

A humidade influencia os valores de CEa entre 10-20% do valor absoluto, o ideal será realizar o levantamento da condutividade eléctrica aparente do solo quando este tem os teores de humidade próximos da capacidade de campo (Serrano, 2012).

Cada vez mais existe a consciência de precisão, não só da recolha de dados, mas na própria agricultura também, nomeadamente a fertilização de precisão a taxa variável. Para além de ser um método eficaz na cultura do milho, em todo o seu ciclo, também nos permite fazer ensaios de variedades de milho e vários tipos de fertilizantes reduzindo os erros da associação dos humanos com as máquinas. Estas novas ferramentas de fácil implementação no terreno, e também no escritório, permitem ter acesso aos dados mais rapidamente, respondendo aos investigadores e às suas

expectativas quase em tempo real. Existem multipossibilidades como processos em real time que permitem através de sensores e uma programação agronômica de base, fazer diferenciar ou homogeneizar as aplicações de sementes, fertilizantes e produtos fitofarmacêuticos. A fertilização de precisão a taxa variável é no fundo uma consciencialização e integração multidisciplinar que procura dar uma resposta pronta e clara baseada nos dados extraídos e agir em qualquer fase da cultura, neste caso específico aquando a sementeira, e assim caminhar para uma melhor, mais estável e rentável cultura do milho.

2.7.3. Tecnologia de Taxa Variável (VRT)

A agricultura de precisão permite delimitar zonas de gestão com diferentes potenciais produtivos. A eficiência do uso dos fertilizantes difere entre estas zonas, logo obtem-se uma resposta aos fertilizantes diferente por parte das plantas, sendo melhor na zona com maior potencial. Segundo Peralta et al., 2015, a utilização de zonas de gestão diferenciada diminui os riscos de lixiviação por N e a contaminação das águas.

De modo a variar a taxa de aplicação, pode-se recorrer a várias metodologias, como por exemplo equipamentos adaptados para fazer VRT, ou fazendo variar a velocidade de deslocamento das máquinas. Sendo que esta última permite uma boa gama de taxas de aplicação. (Werner et al., 2007)

Existe também a possibilidade de variar as taxas de aplicação com equipamentos adaptados à utilização do VRT, utilizando sensores óticos que pela leitura da radiação emitida pelas plantas conseguem prescrever as quantidades de fertilizante a aplicar, existindo já vários ensaios para o caso específico de aplicação do azoto (Bragagnolo et al., 2016). A outra opção é a existência de um especialista que através da análise de múltiplos dados elaboram a carta de prescrição. É de extrema importância a existência de um agrónomo especialista, pois quer para os equipamentos de aplicação em tempo real, quer para equipamentos que funcionam com cartas de prescrição é necessário por vezes intervir de modo a corrigir, adaptar, ou calibrar os sensores para o tipo de aplicação que se está a realizar.

2.8. Nutrição

2.8.1. Fósforo

O fósforo como macronutriente principal, é um nutriente importante na fotossíntese, entra na formação de ATP, no ciclo de Krebs. O fósforo é um nutriente móvel, ou seja, em caso de carência na planta os sintomas são observados nas folhas mais velhas.

A prática de mobilizações reduzidas ou não mobilização do solo, utilização de culturas de cobertura, ou até rotações culturais tende para um aumento de P orgânico e da massa microbiana da *pool* no solo (Dodd et al., 2015).

A variabilidade de fósforo nos solos pode ser explicada pelo teor de argila, pois a argila influencia a capacidade de retenção do fósforo (P_2O_5), ou em zonas pastoreadas existir um aumento de fósforo nas zonas em que os animais normalmente descansam. Nestas áreas através de um sensor geofísico, verifica-se a existência de uma boa correlação entre P e MO, e P e pH (Serrano et al., 2014).

2.8.2. Potássio

O potássio é outro macronutriente principal, este ajuda no processo de translocação de açúcares na planta e integra a formação da celulose. O grão normalmente aloca um baixo teor de K_2O .

A utilização de fertilizantes com potássio pode levar a que no milho exista uma diminuição da susceptibilidade aos fungos, nomeadamente ao fusário (Bocianowski et al., 2016).

O potássio aparece no solo aparece sobre diversas formas, umas mais e outras menos solúveis. A relação entre essas formas depende do tipo de minerais de argila, da % de argila e do pH. A disponibilização de K para a planta é influenciada pela interação da planta com o solo e pelas condições climáticas (Radulov et al., 2014).

Como testado por Hussain et al., 2015, a fertilização em potássio pode melhorar o crescimento e as características fisiológicas do milho. O que no caso testado levou a um aumento da produção com uma redução no consumo de água. (Hussain et al., 2015)

2.9. Mobilização mínima

Durante vários anos as mobilizações intensas levaram a uma diminuição da matéria orgânica do solo, aumentaram a perda de nutrientes e a lixiviação, levando à poluição das águas superficiais e subsuperficiais. De modo a contrariar esta tendência, e reduzir horas de trabalho e manutenção de máquinas, com menores consumos de combustíveis, alguns agricultores começaram a utilizar técnicas de mobilizações mínima, numa ótica de agricultura de conservação.

A mobilização na zona, uma técnica inserida dentro das mobilizações de conservação, apenas perturba o solo na linha de plantação ou sementeira. Caracteriza-se então por deixar 2/3 da superfície coberta com resíduos. (Idowu et al.)

A redução das mobilizações traduz-se numa diminuição da evaporação da água do solo, reduz a taxa de mineralização podendo levar a aumentos de matéria orgânica, melhora a drenagem, reduz a compactação, e melhora a vida biológica do solo. (Nowtzki et al., 2011)

Um estudo realizado no sudeste dos Estados Unidos da America, num Ultisoil (solo derivado de savanna ou zonas de floresta húmida), a fim de testar o carbono orgânico total do solo e as perdas de azoto orgânico, demonstrou que a utilização de sistemas Strip Tillage, (ST), melhora a concentração de sedimentos na solução do solo (Endale et al., 2017).

A mobilização do solo recorrendo ao sistema de Strip Tillage (ST), tem vindo a ser testada em várias culturas e com bons resultados. Em North Dakota, um estudo que tinha o intuito de ver o efeito deste sistema no controlo de infestantes em cebola semeada quando comparado com a mobilização convencional (MC), verificou-se que a densidade de infestantes, nomeadamente *Chenopodium album*, foi mais baixa em ST quando comparada com a mobilização convencional (MC), e que para além disso o calibre/tamanho da cebola não teve diferenças significativas nos dois sistemas de mobilização. No segundo ano do ensaio o calibre/tamanho das cebolas foi melhor no sistema ST (Kazmierczak et al., 2016). Outro estudo em girassol, em que se avaliou a produção e a emergência num sistema de ST, revelou que a largura da faixa não afectou significativamente a penetração das raízes, que menores faixas mobilizadas levam a menor consumo de combustível e que se consegue reter mais humidade no solo (Celik et al., 2013). Também em beterraba sacarina existe um estudo que compara a utilização de ST e mobilização convencional, na Europa central em solos franco argilosos, e segundo os autores verificou-se no campo a inexistência de diferenças entre a área foliar das plantas nos dois sistemas de

mobilização, a eficiência da utilização do azoto não foi afectada e não existiu relação entre a produção dos campos e a resistência à penetração das raízes (Laufer et al., 2017).

2.10. Detecção Remota

A definição geral de detecção remota, baseia-se na recolha de informação acerca de objectos, áreas ou plantas sem que seja necessário o sensor de medição entrar em contacto directo com esses mesmo objectos, áreas ou plantas. De um modo geral consegue-se obter informação que permite tomar decisões ou compreender melhor qualquer fenómeno na superfície terrestre (Coelho et al., 2009).

As imagens obtidas através de satélites e voos tripulados têm em comum vários parâmetros de qualidade das mesmas. A resolução radiométrica, que identifica vários níveis de brilho ou luminosidade na superfície terrestre, a resolução espectral que se define pela capacidade dos sensores conseguirem diferenciar os vários tipos de comprimento de onda, a resolução espacial que é a área associada a cada leitura, ou seja resoluções espaciais mais pequenas levam a que cada imagem tenha um maior número de pixéis e portanto uma maior quantidade de informação, dependendo do fim a que se destina deve-se tentar escolher a resolução que se enquadre com o objectivo da recolha de informação.

Em agricultura de precisão percorrem-se 3 etapas até se conseguir tomar decisões com base na informação obtida através de detecção remota, primeiro estima-se as variáveis biofísicas, depois as variáveis agrónomicas e depois toma-se a decisão da estratégia a seguir. (Anónimo, 2009)

Estes sensores permitem com maior rapidez decidir onde, como e quando actuar. Na agricultura permitem avaliar o estado fitossanitário das culturas, avaliar parâmetros relacionados com o solo e condições meteorológicas (Schurijver, 2016). Os sensores são facilmente instalados em diversos equipamentos e já equipam voos tripulados e não tripulados.

Através da utilização do índice de NDVI, que relaciona duas bandas espectrais, o vermelho e o infravermelho próximo (Fonte: NASA), podemos observar diferenças num campo, ao nível do desenvolvimento das plantas e por vezes escolher uma malha de amostragem. Esta amostragem é importante para uma melhor validação da informação que o índice NDVI indicia.

3. Materiais e Métodos

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada com o intuito de atingir o objetivo proposto no capítulo 1.1., tendo em conta que se pretende passar a utilizar a fertilização de precisão a taxa variável como regra nesta exploração. Deste modo testou-se a resposta económica, e ambiental da fertilização de fundo em fósforo e potássio recorrendo à tecnologia VRT.

3.1. Delineamento Experimental

O ensaio experimental realizado no ano de 2016, tem em conta a condutividade eléctrica aparente do solo medida em 2015, e a recolha de análises de solo georreferenciadas, que resultam em 2016 numa fertilização diferenciada.

A carta de aplicação diferenciada de fertilizante é elaborada através de um balanço de existências de fósforo e potássio no solo e as necessidades destes nutrientes para a produção de 18 t/ha de milho-grão. Definiu-se as 18 t/ha de produção média como objectivo, com base na produção média de 2014 que foram 18 t/ha.

No ano agrícola de 2014/2015 obteve-se a carta produtividade georreferenciada e a condutividade eléctrica aparente do solo da parcela de terreno associada a este ensaio experimental. Na figura 5 apresenta-se a carta de produtividade elaborada com o software “QGIS”. Com a carta de produtividade da figura 5, nasce então a necessidade de criar uma metodologia para se aplicar diferenciadamente o fertilizante.

Através da variabilidade da CEa do solo foram escolhidos locais de amostragem de solo. Realizadas as amostras de solo, e estimadas correlações entre o teor de nutrientes no solo e a média de CEa do solo da zona amostrada. De seguida extrapolou-se a fertilização para as diferentes zonas da parcela. De salientar que antes da utilização da tecnologia VRT, tinha-se verificado que a produtividade da parcela era muito heterogénea, como se observa na figura 5. Tem-se assim, duas zonas com produtividades nitidamente diferentes, uma zona com produtividades abaixo das 17 t/ha, e outra zona acima deste valor. Estas zonas aparecem na parcela de terreno de forma paralela entre si, e ao maior comprimento da parcela.

No campo o ensaio foi delineado da seguinte forma: 3 repetições constituídas por 3 tratamentos de fertilização, com cada tratamento de fertilização composto por 24 linhas, o que corresponde a 4 passagens do “Eco-sub”, do semeador e da ceifeira-debulhadora.

Com base na carta de prescrição e na carta de NDVI do dia 20/06/2018, escolheram-se 8 pontos de amostragem, nos quais se colheu 3 m² de plantas, no total 24 m² de plantas e 180 plantas. Com estas plantas realizou-se uma análise estatística, permitindo identificar eventuais diferenças.

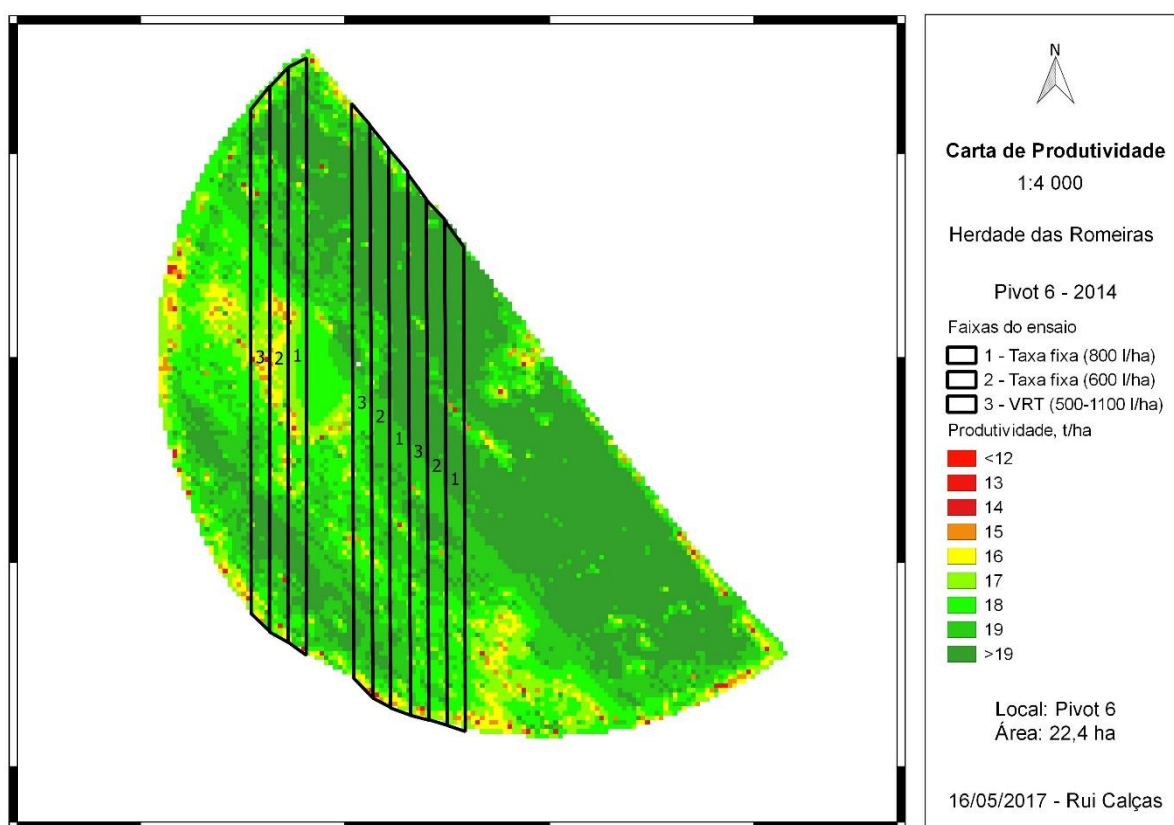


Figura 5 - Carta de produtividade de 2014, com aplicação de fertilizante em taxa uniforme. Indica-se as zonas de ensaio do ano de 2016.

3.2. Localização e caracterização do ensaio

O ensaio realizou-se numa exploração, designada “Herdade das Romeiras”, localizada no distrito de Évora, concelho de Estremoz, nas coordenadas 38°55′08,6″N e 7°44′34,5″W. O ensaio foi realizado no Pivot 6, com uma área de 22 ha, sendo que para o ensaio se utilizaram aproximadamente 9ha. Esta

parcela está dotada de um sistema de rega do tipo center pivot, que rega cerca de 180°. Na figura 6 está indicada a localização do ensaio.

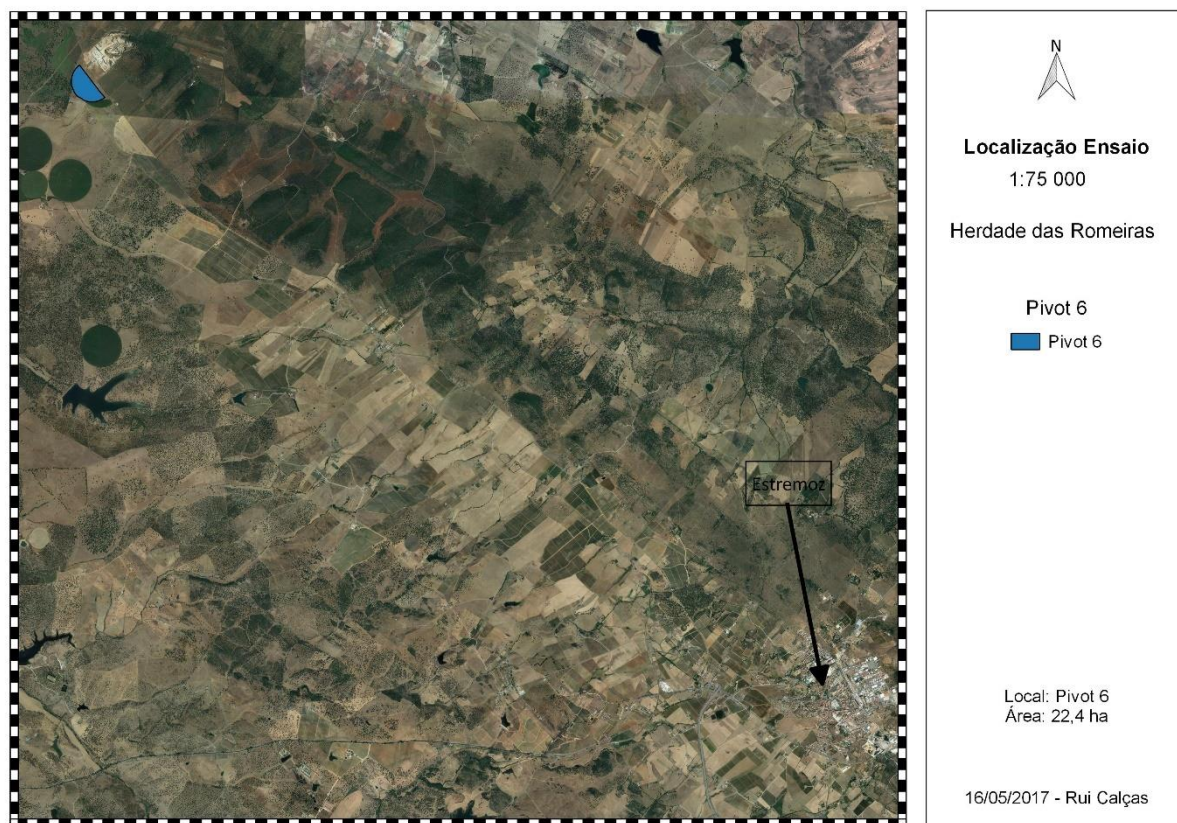


Figura 6 - Identificação da parcela (zona a azul na imagem), 38°55'08,6"N e 7°44'34,5"W.

Fonte: Google earth.

3.3. Clima

Segundo a classificação de Koppen, figura 7, o clima português é classificado em três tipos, Csa (clima temperado mediterrânico com verões secos e quentes), Csb (clima temperado mediterrânico com verões secos e pouco quentes) e BSk (clima de estepes frias de média latitude e grande altitude). A herdade está situada no alto Alentejo, inserida assim, em clima temperado mediterrânico com verões quentes e secos, Csa. A média anual de precipitação dessa zona ronda os 450mm, segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, e uma temperatura média anual do ar de 15,30C.

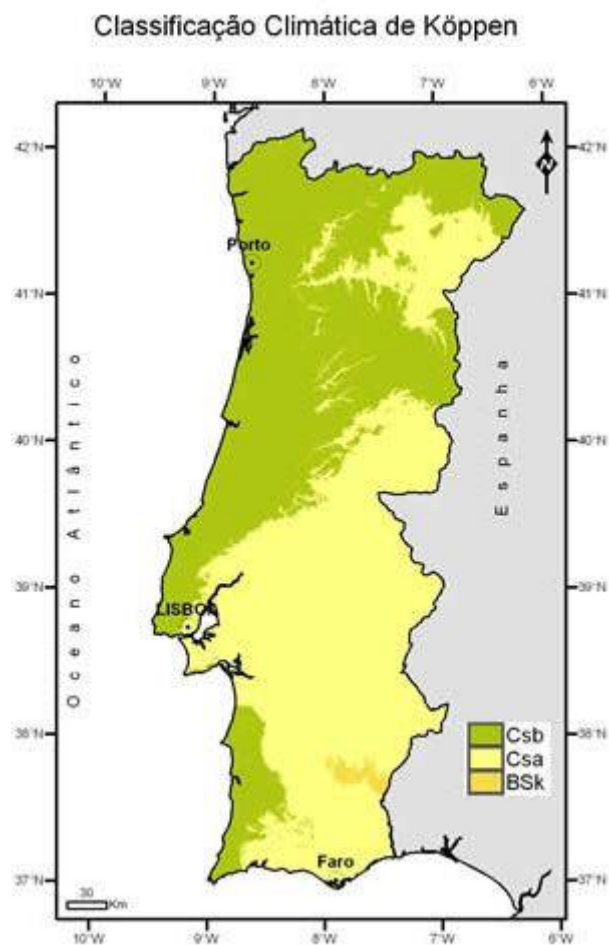


Figura 7 - Classificação Climática de Köppen.

Fonte: IPMA

No ano agrícola em que decorreu o ensaio, 2015/2016, a precipitação anual foi aproximadamente de 642mm, e com um verão com temperaturas muito altas no mês de julho e agosto, como podemos observar na figura 8. Note-se que entre janeiro e setembro de 2016 a precipitação foi cerca de 460 mm, um valor idêntico à média anual indicada pelo IPMA.

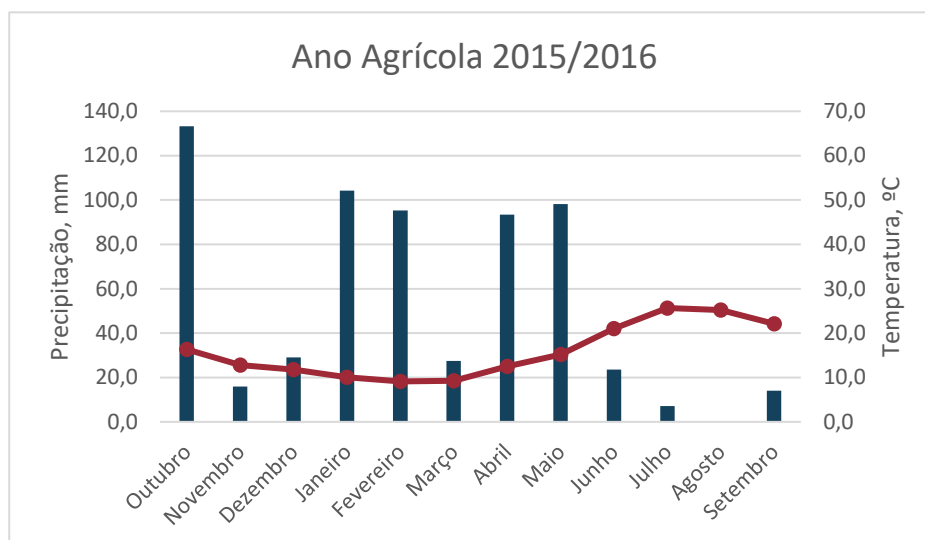


Figura 8 - Diagrama ombrotérmico de Gaussen, ano agrícola 2015/2016, Estação Meteorológica Estremoz.

3.4. Caracterização Edáfica

Esta parcela tem uma grande heterogeneidade de solos. Com base na carta de solos, figura 9, verifica-se que predominam solos das famílias Pvc, Pcd e na restante área famílias Sr Vx, Pc e Vc. Estes solos são solos de textura franco-argilosa. São solos provenientes de calcários e mármore (carvalho cardoso). Segundo a classificação WRB 2014 os solos desta zona são do tipo Luvisolos e Planossolos (Fao, 2015).

Os solos da família Pcd são Solos Calcários Pardos de Calcários Compactos, descritos através de 2 horizontes, o horizonte Ap com transição abrupta para o horizonte R. O horizonte Ap deste solo tem cerca de 15 a 35 cm, é pardo-acinzentado, de textura franco-arenosa a franco-argilosa pouco ou medianamente calcário, de estrutura granulosa ou grumosa fina moderada, friável, apresentando efervescência viva ao CIH, com pH a variar entre 7,5 e 8,5. O horizonte R é um horizonte calcário compacto. Na sua parte superior existe por vezes um horizonte Cca, endurecido ou não. (Carvalho Cardoso, 1965)

Os solos da família Pvc são solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de material coluviado dos solos Vcc. São identificados através de 2 horizontes, o horizonte A1 com transição nítida ou gradual para o horizonte BC. O horizonte A1 tem entre 20 a 30 cm de espessura, é vermelho-escuro ou castanho-avermelhado, tem textura franco-arenosa ou franco-argilo-arenosa, com alguns elementos

grosseiros subangulosos (quartzitos), a sua estrutura é granulosa ou grumosa fina moderada ou fraca, o horizonte é friável, normalmente com pequenas concreções ferruginosas, e um pH entre 5, e 6,5. O horizonte BC tem espessura variável, em geral superior a 1m, semelhante ao anterior, de cor vermelha ou castanho-avermelhada um pouco mais clara, de consistência friável a firme e de textura franco-argilo-arenosa ou franco-argilosa (com maior percentagem de argila que no horizonte A), apresentando algumas películas de argila nas faces dos agregados. (Carvalho Cardoso, 1965)

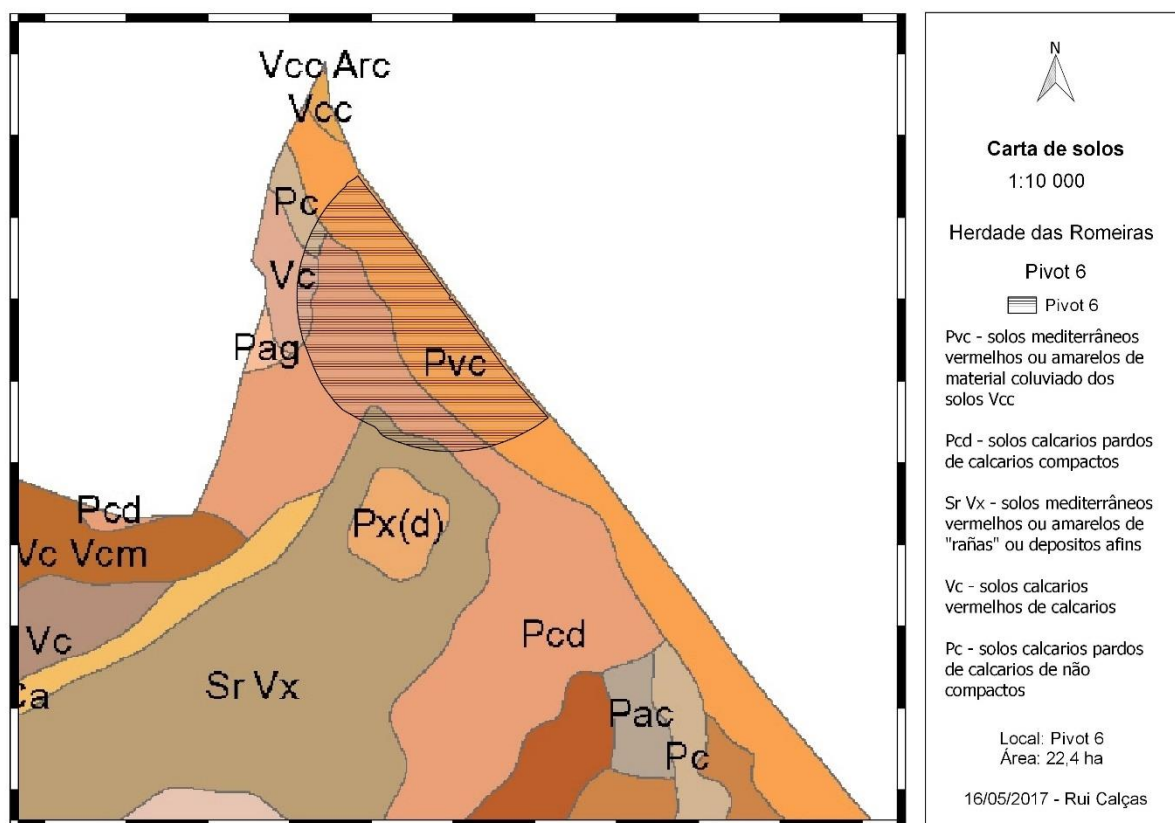


Figura 9 – Carta de solos da parcela na qual se realizou o ensaio.

3.5. Itinerário Técnico da Cultura/Ensaio

Nesta parcela, assim como no resto da área da exploração, utilizam-se técnicas de mobilização reduzida no âmbito da agricultura de conservação. Com recurso a um subsolador - adubador, denominado “Ecosub”, exemplificado na figura 10, iniciou-se a preparação da cama para a semente e distribuição do fertilizante em fundo na linha de sementeira. Esta alfaia é composta por 6 corpos. Cada corpo é constituído por um disco de corte de resíduos, um braço de subsolador, e 2 discos e um rolo

para destorroar. Cada corpo tem também um bico de fenda para pulverização do fertilizante líquido atrás do braço subsolador, como se pode verificar na figura 11. Esta alfaia trabalha entre 0,25 m a 0,35 m e com uma distância entre linhas de 0,75 m. O comando de controlo permite realizar a aplicação VRT, lendo a informação da carta de prescrição e actuando nas electroválvulas. O “Ecosub” é equipado com uma bomba que também permite o auto-enchimento dos depósitos. Os depósitos têm a capacidade de levar 1500l.



Figura 10 – “Ecosub” a aplicar fertilizante e a preparar a cama da semente.



Figura 11 – Orgãos do “Ecosub”, onde se pode ver o braço subsolador, o bico injector de fertilizante e 2 discos para destorroar.

De seguida semeiou-se o milho com um semeador pneumático de precisão, que se apresenta na figura 12. Este semeador é composto por 6 corpos, distanciados 0,75 m entre eles, e uma turbina accionada hidraulicamente. Cada corpo do semeador é composto por um disco de corte com “afasta-palhas”, caixa de sementes, 2 discos com rodas limitadoras de profundidade para abrir o sulco onde se irá cair a semente, e duas rodas compactadoras. Tem também uma caixa para adubo ou insecticida granulado, mas que não se utilizou.



Figura 12 – Semeador pneumático de precisão utilizado na sementeira do ensaio.

A profundidade de trabalho do subsolador foi cerca de 30cm e a profundidade de sementeira foi cerca de 2,5cm e a densidade de sementeira de 92000 plantas/ha.

As sementes de milho utilizadas correspondem a um ciclo FAO 600 (CRM 115), variedade P1535, comercializado pela empresa Pioneer, foi escolhido esta variedade pois em anos anteriores mostrou ter boas potencialidades produtivas nesta exploração.

Antes das operações de mobilização reduzida e sementeira, realizou-se no dia 11 de março de 2016 um controlo químico de infestantes, com um herbicida total da Sapec Agro, o “Montana”, com uma solução composta por 360 g/l ou 31 % (p/p) de glifosato. Utilizou-se 3 l/ha.

O fertilizante utilizado foi o “Humifosfato 9” que é composto por 6% de N, 9% de P₂O₅, 12% de K₂O, 0,3% de Zn + 10% M.O.L., segundo o fornecedor “Tecniferti”, M.O.L significa matéria orgânica líquida, valores obtidos por análise à matéria-seca. Este fertilizante tem uma densidade de 1,24.

A aplicação de fertilizante e a sementeira do pivot realizaram-se nos dias 28 e 29 de abril de 2016.

No dia 2 de maio foi realizado o controlo químico de infestantes em aplicação de pré-emergência, na dose de 4 l/ha. O herbicida utilizado foi o “Lumax”, da Syngenta, composto por 37,5 g/l ou 3,39 % (p/p) de mesotriona, com 312,5 g/l ou 28,2 % (p/p) de S-metolacoloro, com 187,5 g/l ou 16,9% (p/p) de terbutilazina.

A primeira rega foi realizada no dia 30 de abril de 2016, rega que permitiu humedecer o solo para a aplicação do herbicida residual de pré-emergência e a melhoria das condições de germinação, e a última rega realizou-se no dia 16 de setembro de 2016. No total do ciclo da cultura foram regados 6913,17 m³/ha distribuídos ao longo de 5 meses, sendo que no mês de maio apenas se regou para fazer emergir o milho, pois nas semanas consecutivas choveu cerca de 982m³/ha. No mês de junho regou-se cerca de 1427,27 m³/ha, no mês de julho 2410,45m³/ha, no mês de agosto 1871,36m³/ha, no mês de setembro 1204,09m³/ha.

A aplicação de azoto através de fertirrega iniciou-se no dia 16 de junho de 2016, e a última aplicação de azoto ocorreu no dia 27/07/2016, no total foram aplicadas 297,6 unidades de azoto por hectare, o que permitiu colmatar as necessidades da cultura tendo em conta o objectivo de produção de 18 t/ha.

A colheita da parcela realizou-se nos dias 10 e 11 de outubro de 2016 com uma ceifeira debulhadora de 6 linhas equipada com rastos, e um monitor de produtividade georreferenciado.

Quadro 4 – Calendário de operações.

Data	Operação
11 de março de 2016	Aplicação de Herbicida Total
28 e 29 de abril de 2016	Mobilização na linha e Aplicação de fertilizante
28 e 29 de abril de 2016	Sementeira
2 de maio de 2016	Aplicação de herbicida pré- emergência
10 e 11 de outubro de 2016	Colheita

Quadro 5 - Resumo de regas e fertilizações, aplicadas durante o ciclo da cultura.

Rega		Fertilização	
Quantidade (m ³ /ha)	Data	Quantidade (l/ha)	Data
1427,27	6/2016	110 (32N)	16/06/2016
2410,45	7/2016	110 (32N)	21/06/2016
1871,36	8/2016	110 (32N)	26/06/2016
1204,09	9/2016	2 (Zn)	27/07/2016
		110 (32N)	5/07/2016
		110 (32N)	12/07/2016
		100 (32N)	19/07/2016
		100 (32N)	27/07/2016

3.6. Ceifeira Debulhadora e Monitor de produtividade

A colheita do milho-grão foi realizada com uma ceifeira debulhadora, apresentada na figura 13, da marca Claas, modelo Lexion 540, com monitor de produtividade “Ceres 8000i”, de modo a fosse possível o registo de dados de produtividade com as respectivas coordenadas geográficas, que posteriormente serviram para elaborar cartas de produtividade. Esta ceifeira trabalha com uma barra de corte Claas Conspeed de 4,5m, que corresponde a 6 linhas com uma distância de 0,75 centímetros entrelinhas, equipada com um destroçador que reduz o tamanho dos resíduos que irão ficar à superfície do solo, facilitando a instalação das culturas seguintes sem perturbar o solo para incorporar resíduos.

Com o intuito de se recolher dados o mais reais possível é necessário calibrá-lo, realizou-se uma comparação entre a quantidade de grão registada no monitor e essa mesma quantidade de grão pesada numa balança. Também se verificou qual o peso por hectolitro, pois é um parâmetro de correção da diferença de kg registados pelo monitor e na balança. O intervalo de registos do monitor foi de 1s.

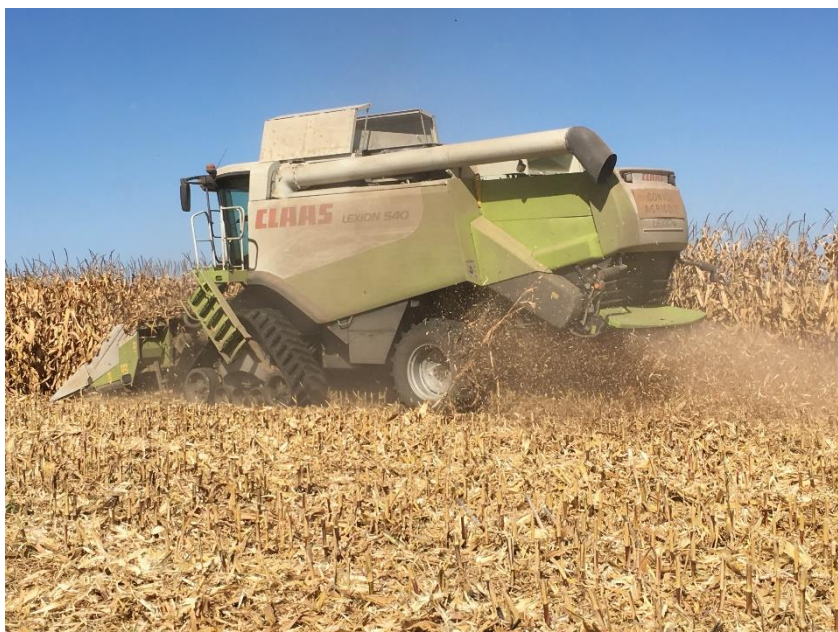


Figura 13 – Cefeira debulhadora Claas Lexion 540, com frente de corte de milho Claas Conspeed de 6 linhas, equipada com monitor de rendimento “Ceres 8000i”.

O sensor de humidade da ceifeira-debulhadora não foi calibrado, apenas se aferiu se a humidade medida pelo sensor da ceifeira-debulhadora estava correcta. Para tal mediu-se por amostragem no tegão da ceifeira-debulhadora a humidade do grão com um medidor manual de humidade.

3.7. Condutividade Elétrica Aparente do Solo (CEa), Recolha de Amostras de Solo e Carta de CEa do solo

O levantamento da CEa do solo foi realizado no dia 25 de março de 2015, com recurso ao sensor “Veris XA2000”, fabricado pela empresa Veris Technologies, equipamento apresentado na figura 14. O sensor foi rebocado por um trator a 7km/h, com o qual se fez passagens paralelas no campo a cada 15m. O intervalo entre registo foi de 1 s.



Figura 14 – Sensor de medição de condutividade eléctrica aparente do solo, Veris XA2000.

A condutividade eléctrica aparente do solo serviu depois para se definir as zonas de amostragem de solo para análise, e no final do ciclo para a realização da carta de prescrição. A 1 de abril de 2015 realizou-se a recolha de amostras de solo nos pontos definidos na figura 15. Ao dia 10 de março de 2016 voltou-se a recolher análises de solo nesses mesmos pontos, pois no ano de 2015 esta parcela também foi fertilizada com recurso à tecnologia VRT, mas por causa de um problema na antena GPS da ceifeira-debulhadora, não existe dados de produtividade dos resultados do ano 2015, assim sendo as análises de solo poderiam revelar alguma informação adicional, e o que se verificou foi uma manutenção dos níveis de nutrientes.

A carta de condutividade eléctrica aparente do solo foi elaborada com o mesmo software “QGIS 2.12.3” através do método IDW, os dados recolhidos pelo Veris foram submetidos a uma limpeza neste mesmo software, onde se excluíram os pontos em que se verificou disparidades em relação aos restantes envolventes, ou pontos sobrepostos.

Na figura 15 apresenta-se a carta de condutividade eléctrica aparente do solo. A CEa do solo da parcela varia entre 5 e 70 mS/m, através da qual conseguimos dividir a parcela em duas zonas distintas, uma zona com CEa do solo mais baixa, com valores entre 5 e 30 mS/m, e outra zona com CEa do solo mais alta, com valores entre 30 e 70 mS/m.

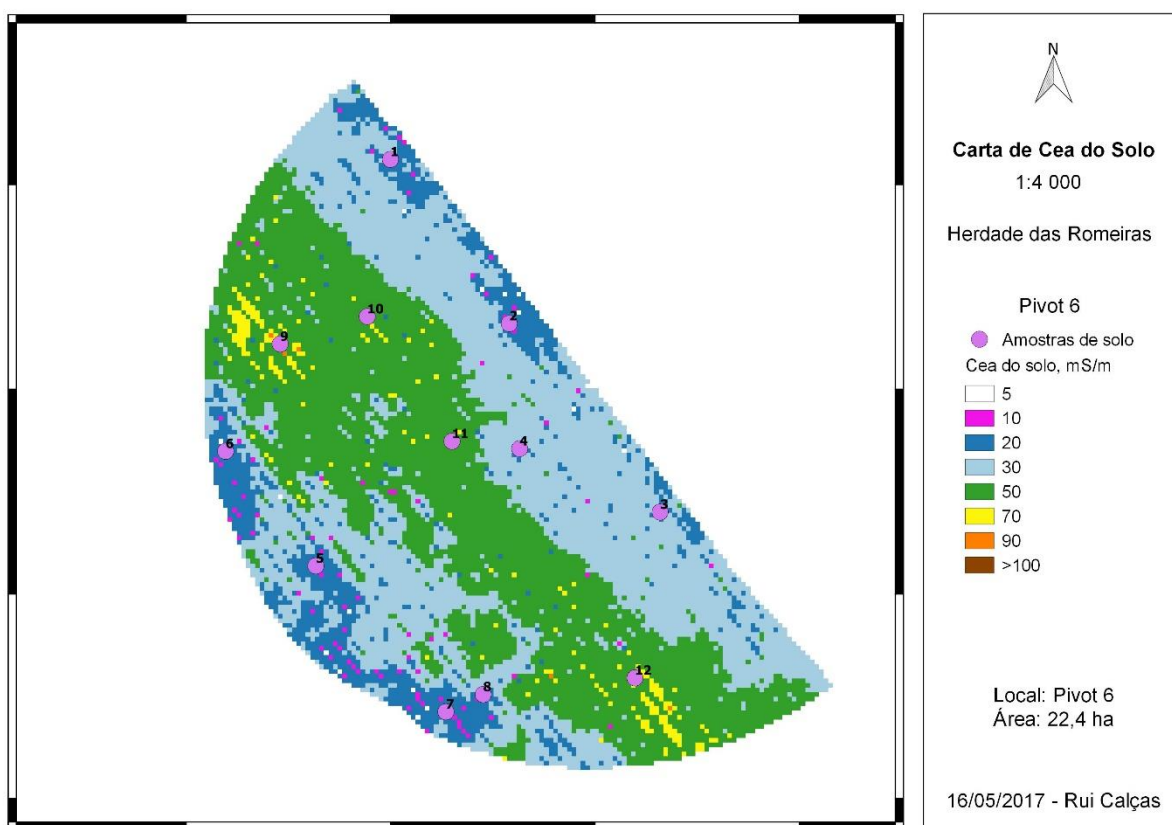


Figura 15 - Condutividade Elétrica aparente do solo, mS/m, medida com Veris em 2015, e pontos de amostragem de solo.

3.8. Carta de Produtividade

A carta de produtividade foi elaborada recorrendo ao software “QGIS 2.12.3” através do método de interpolação IDW (inverse distance weighth). Antes da elaboração da carta de produtividade, os dados foram filtrados na extensão excell, do software office 2016. Os filtros aplicados baseiam-se em várias metodologias, através da qual foi criada um único método de filtragem (Brito Paes, 2012). A metodologia é a seguinte: 1º - fixar a largura de trabalho nos 4,5m, 2º - manter pontos com velocidade de avanço entre 1,6-10 km/h, 3º - manter pontos com fluxo de grão entre 1,7-19kg/s, 4º - manter pontos com produtividade entre 1-26 t/ha, 5º - manter pontos entre a humidade média mais 3 vezes o desvio padrão e a humidade média menos 3 vezes o desvio padrão (média \pm 3DP), 6º - eliminar pontos sobrepostos ou outliers com um programa SIG.

3.9. Carta de Prescrição

Na Carta de Prescrição, que se pode observar na figura 20, o fertilizante foi aplicado em taxa variável, menos em duas faixas do ensaio, onde se utilizaram taxas uniformes de aplicação. O resultado são 3 faixas de ensaio, duas uniformes (com diferentes quantidades de fertilizante), e uma outra faixa do ensaio com uma taxa de aplicação VRT igual à restante parcela de terreno.

A 1ª forma de fertilização corresponde a aplicação de fertilizante em taxa uniforme, na quantidade de 800l/ha, que é a quantidade média de fertilizante calculada e aplicada na parcela no ano de 2014 quando se atingiu 18 t/ha em média.

Na 2ª forma de fertilização, fazendo o balanço de existências/necessidades caso este desse que não havia necessidade de fertilizar e os níveis de fósforo e potássio não ficassem abaixo de 100 ppm no solo, não se iria fertilizar. Verificou-se que havia nutrientes suficientes para no final da cultura ainda se ter os níveis de nutrientes no solo acima de 100 ppm. No entanto decidiu-se na mesma aplicar uma quantidade baixa, cerca de 300l/ha, sendo assim uma ajuda para o desenvolvimento inicial da cultura. Por consequência de uma limitação da máquina utilizada, como só um tipo de bicos não consegue variar a aplicação entre 300L/ha e 1100L/ha, teve que se optar por aumentar a quantidade mínima a aplicar para a ordem de 600L/ha.

Para se obter a 3ª forma de fertilização, em que vamos aplicar o fertilizante recorrendo a tecnologia VRT. Primeiramente tentou achar-se uma relação entre ppm de fósforo e potássio de cada ponto de amostragem e a CEa do solo medida com o veris nesses mesmos pontos.

Na figura 16 apresenta-se a relação entre o potássio e a CEa do solo, esta relação é caracterizada por um coeficiente de determinação baixo, e que apresenta pouca variabilidade. Tendo como base que nas zonas com menor nível de nutrientes no solo as produtividades são mais altas e numa tentativa de melhorar a regressão e o coeficiente de determinação foram retirados pontos em que os ppm de potássio e o nível de CEa do solo não eram consistentes com as produtividades obtidas. A figura 19 representa a relação entre o potássio e a CEa do solo, já com um coeficiente de determinação médio/bom e uma regressão que traduz alguma variabilidade.

Na figura 17 apresenta-se a relação entre o fósforo e a CEa do solo, relação essa que se caracteriza por um coeficiente de determinação melhor que o da figura 16, mas ainda assim baixo, e a apresentar alguma variabilidade. Contudo foi-se à procura de uma nova regressão com um melhor coeficiente de determinação, e após alguns pontos retirados a regressão resultante apresenta-se na figura 18, com

melhor coeficiente de determinação e uma variabilidade idêntica, esta alteração tem por base o princípio seguido na regressão potássio e CEa do solo.

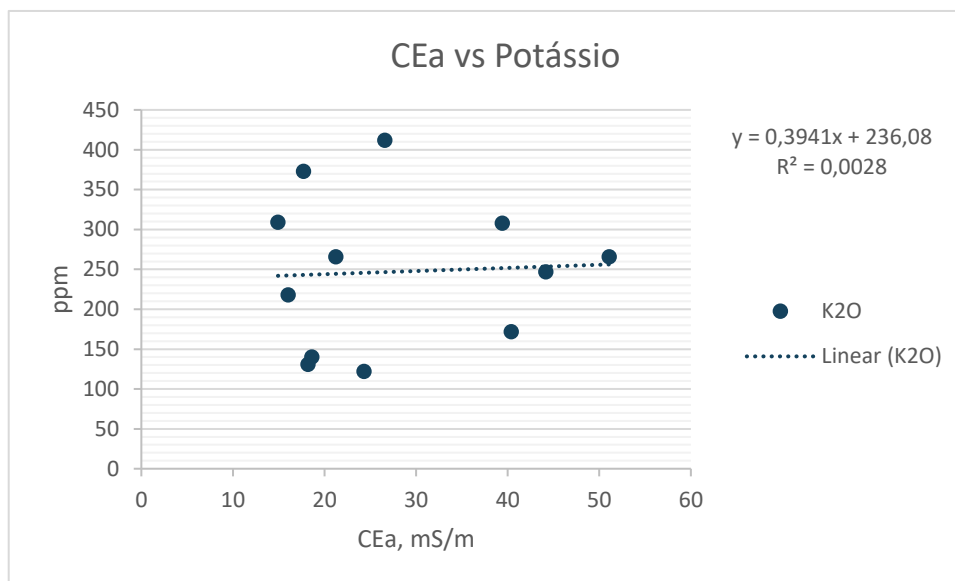


Figura 16 – Relação entre os os níveis de potássio e CEa do solo, nos pontos amostrados.

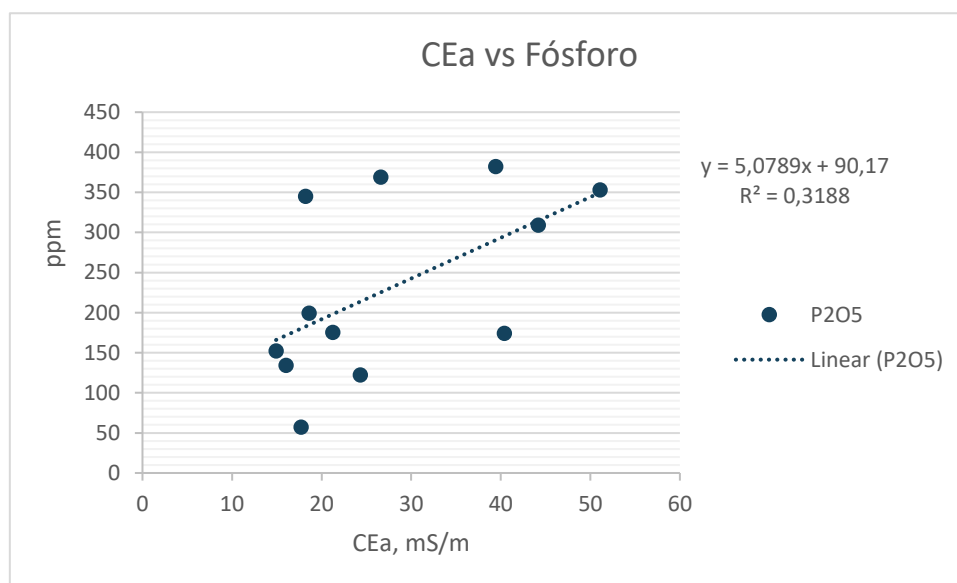


Figura 17 - Relação entre os os níveis de fósforo e CEa do solo, nos pontos amostrados.

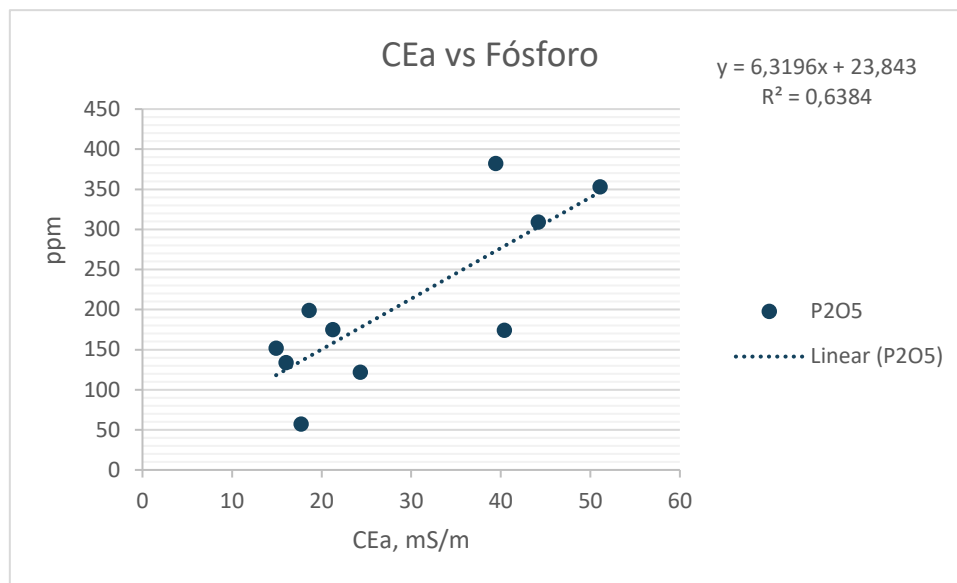


Figura 18 - Relação entre os os níveis de fósforo e CEa do solo, de alguns dos pontos amostrados.

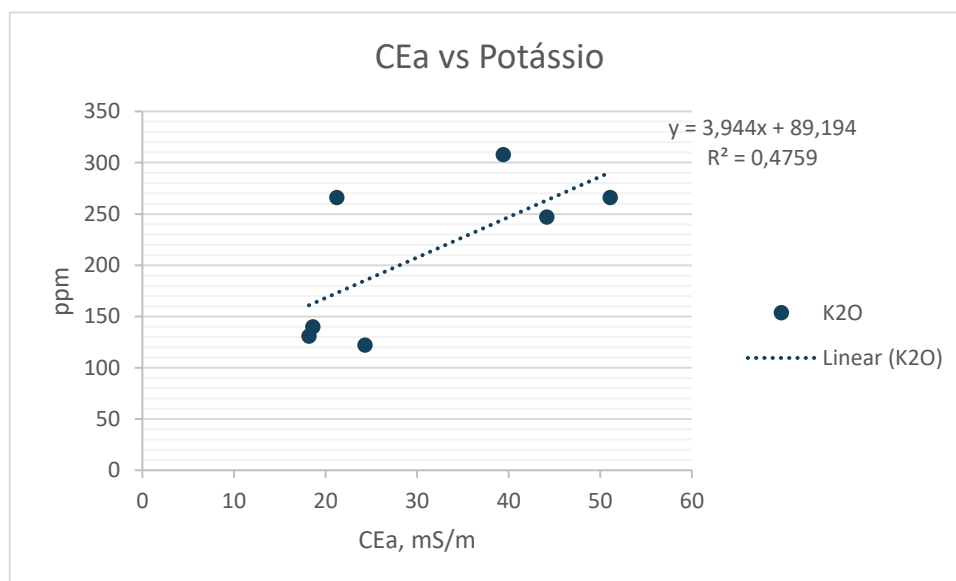


Figura 19 - Relação entre os os níveis de potássio e CEa do solo, de alguns dos pontos amostrados.

Assim a 3ª forma de fertilização segue seguinte metodologia: com base na regressão linear entre a condutividade elétrica aparente do solo (mS/m) e os níveis de fósforo e potássio do solo em ppm, figuras 18 e 19, calculou-se as quantidades de fertilizante a aplicar através de um balanço de existências e necessidades, para se produzir 18t/ha, em cada uma das 5 classes de condutividade elétrica aparente do solo, classes essas construídas de modo a que em média se aplica-se 800 l/ha, que é a quantidade aplicada na parcela em anos anteriores.

Assim a quantidade de fertilizante calculada a aplicar variou entre 500L/ha e 1100L/ha. Em média na parcela poderíamos aplicar no máximo 800 l/ha, valor este calculado através de um balanço de nutrientes, em vários anos pelo gestor agrícola da exploração. Tendo em conta o objectivo de produção, a ideia foi distribuir a mesma quantidade média de fertilizante que nos anos anteriores, mas de maneira diferenciada, sendo que nas zonas onde normalmente produzimos mais precisamos de mais fertilizante e nas zonas onde é normal as produções serem mais baixas, a quantidade de fertilizante a aplicar é menor.

O resultado final foi a carta de prescrição da figura 20. Onde é possível ver as várias classes de aplicação VRT e as faixas de ensaio, incluindo as faixas de ensaio com taxa uniforme.

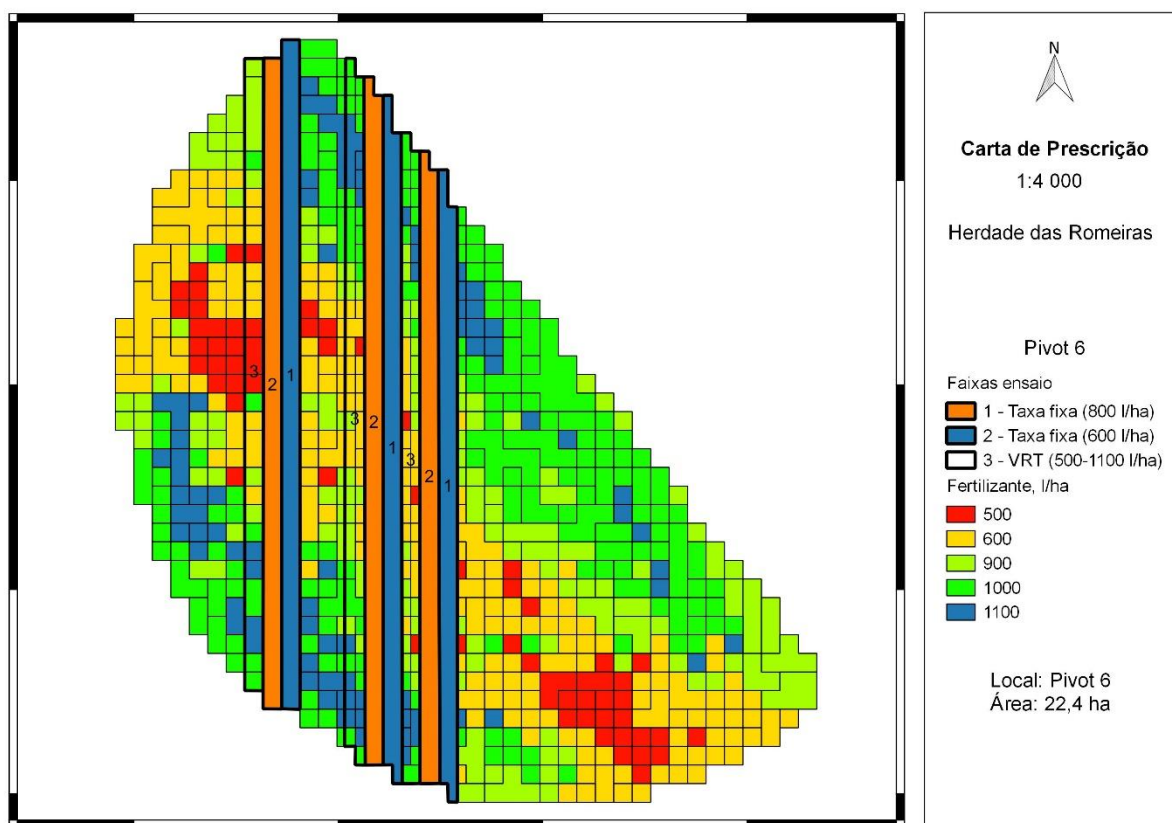


Figura 20 - Carta de prescrição da parcela, com as faixas do ensaio indicadas.

Através da observação da figura 21, verifica-se que as faixas do ensaio estão colocadas transversalmente à variabilidade da condutividade eléctrica aparente do solo, que é a orientação norte sul nesta parcela.

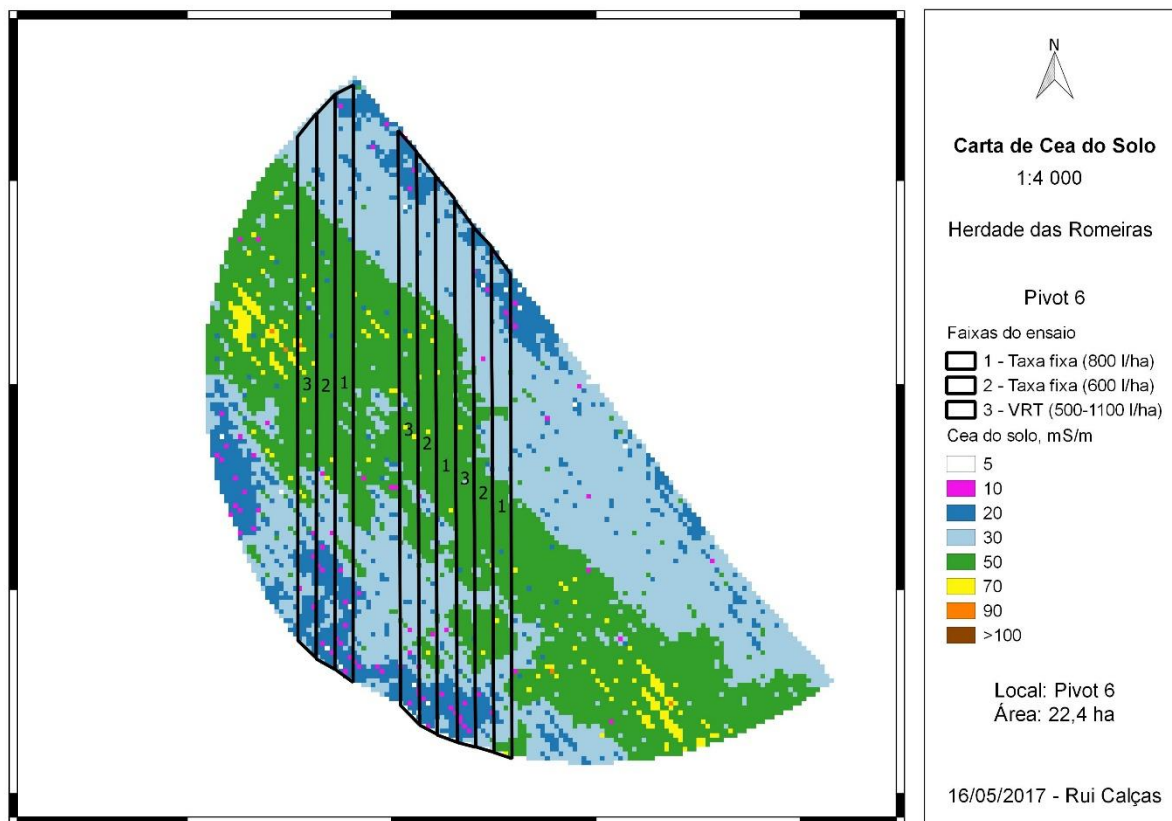


Figura 21 – Carta de condutividade eléctrica aparente do solo, com as faixas de ensaio delimitadas.

3.10. Colheita de Amostras de Plantas e Tratamentos de Dados

Com o intuito de entender qual o comportamento das plantas no tratamento com tecnologia VRT ou tecnologia de taxa variável e nos tratamentos com tecnologia URT ou tecnologia de taxa uniforme, recorreu-se ao índice NDVI, figura 17, e aos níveis de fertilização da figura 16, e através dos quais decidiu-se os pontos de amostragem de plantas. Os locais de amostragem foram os seguintes, 4 pontos no modo de fertilização VRT (NDVI alto/fertilização alta, NDVI baixo/fertilização alta, NDVI alto/fertilização baixa, NDVI baixo/fertilização baixa), e no modo de fertilização 800 l/ha e fertilização

600l/ha, foram recolhidas plantas em 2 pontos, um dos pontos numa zona com NDVI alto e outro numa zona com NDVI baixo. No total recolheram-se plantas em 8 pontos, numa área que corresponde a 3m² de plantas em cada ponto. No total foram recolhidas 180 plantas, das quais 2 plantas no ponto 8 não se puderam analisar. Estas plantas foram pesadas em verde, e depois de secas numa estufa mediu-se o peso de mil grãos, o peso seco total da planta, e o peso seco da espiga. Com estes dados calculou-se a densidade de plantas por hectare e estimou-se a produtividade, em t/ha, para cada um dos pontos.

Os dados para a elaboração do NDVI foram recolhidos, no dia 20 de junho de 2016, com recurso a um sensor radiométrico instalado num voo tripulado, e posteriormente tratados pela empresa área 400. Nesta altura a cultura encontrava-se no estado fenológico das 4 a 6 folhas e ainda não existia cobertura total do solo.

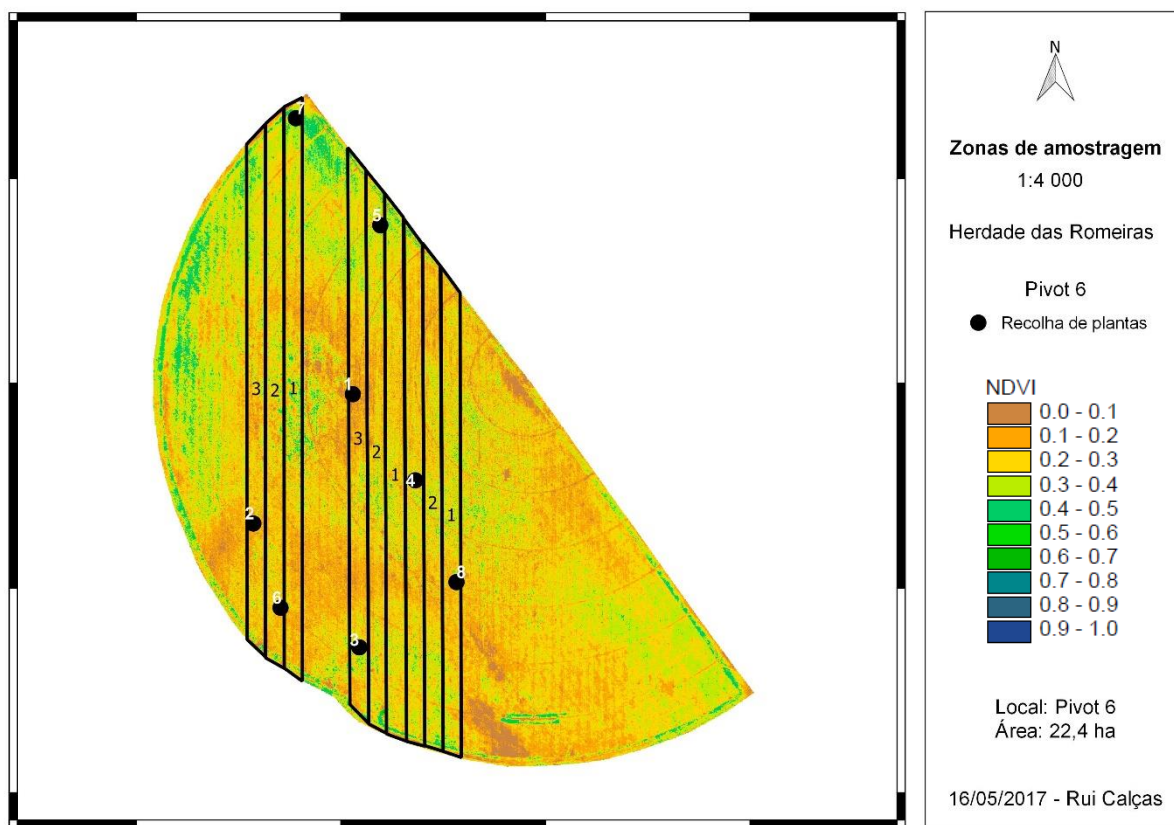


Figura 22 - Índice de NDVI realizado a 20 de junho de 2016, às 4 a 6 folhas, com as zonas de amostragem de plantas à colheita indicadas.

3.11. Tratamento Estatístico e Análise de Variância

A colheita de amostras de plantas deu origem à medição de vários parâmetros, após secagem das plantas em estufa. Foram medidos parâmetros como o peso total verde, o nº de linhas/espiga, o nº de grãos/linha de cada espiga, o peso do grão (kg/grão), peso total seco. Com estes dados e sabendo que no campo se colheu 3 m² de plantas, o correspondente a 4m lineares de plantas, estimaram-se dois outros parâmetros, a densidade de plantas por hectare e a produtividade estimada (t/ha). Posteriormente todos os dados foram tratados no excel com a ferramenta análise de dados, dando origem a quadros de estatística descritiva e de análise de variância, quadros esses que se apresentam nos anexos e se analisam no capítulo 4.

4. Resultados e Discussão

Neste ponto analisam-se os resultados dos dados recolhidos no ensaio, a partir dos quais se retiram algumas conclusões sobre a utilização da tecnologia VRT na aplicação de fertilizantes líquidos de fundo na cultura do milho grão recorrendo ao sistema de rega de aspersão por center pivot. O ensaio com cerca de 9ha permitiu-nos elaborar uma carta de produtividade, e fazer análises estatísticas entre os vários níveis de fertilização e repetições. Foram recolhidas amostras de plantas de 3m² em 8 pontos, pontos esses que permitem perceber melhor o que levou a determinadas variações de produtividade. Estas plantas foram recolhidas com base no índice NDVI (figura 22) e na carta de prescrição (figura 20).

4.1 Descrição e análise geral dos resultados

O NDVI, Normalized Difference Degetation Index, foi um dos primeiros parâmetros a ser medido. A sua medição decorreu após a emergência do milho, já com 20/30cm de altura, através de um voo tripulado e equipado com sensores, de modo a calcular o índice de NDVI com uma maior resolução, comparativamente com os satélites. Nesta fase a cultura tinha ainda 4 folhas e não havia total cobertura do solo, os valores baixos registados podem ter sido influenciados pelo efeito solo. Ainda assim foi com base nesta imagem e na carta de prescrição que se escolheram os 8 pontos de amostragem de plantas a realizar à colheita (zonas de amostragem indicadas na figura 22 do capítulo 3.11).

Neste ano conseguimos contrariar a tendência produtiva da zona central e de existirem 2 zonas com produtividades nitidamente diferentes. As altas temperaturas sentidas na altura da floração podem assim à primeira vista ser responsáveis pela média de produtividade da parcela, e pela resposta das plantas à fertilização não ter sido a esperada. As zonas identificadas na carta de produtividade com produções de milho inferiores a 12 t/ha, são zonas em que ou por serem uma antiga linha de água que agora está drenada (excesso de água e passagem dos javalis) ou por serem zonas mais altas/com mais pedras e/ou menor retenção de água, levam a que a produção seja o resultado de vários factores que não a fertilização directamente.

Os dados que deram origem à carta de produtividade foram submetidos a uma limpeza, onde se aplicou a metodologia indicada no ponto 3.8.

A carta da figura 23, apresenta uma variação da produtividade muito menor quando comparada com a carta de produtividade de 2014 (figura 5, cap. 3). As zonas com mais CEa do solo, produzem em 2016 tanto como as zonas de CEa do solo mais baixa.

Numa análise geral à carta de margem bruta (figura 24) nas zonas de menor aplicação de fertilizante, a margem bruta é maior, quando comparada com as zonas em que a aplicação de fertilizante foi maior, pois os custos variáveis são menores, assim com diferentes quantidades de fertilizante tivemos produtividades idênticas, em termos económicos pode ser vantajoso aplicar o fertilizante em menor quantidade.

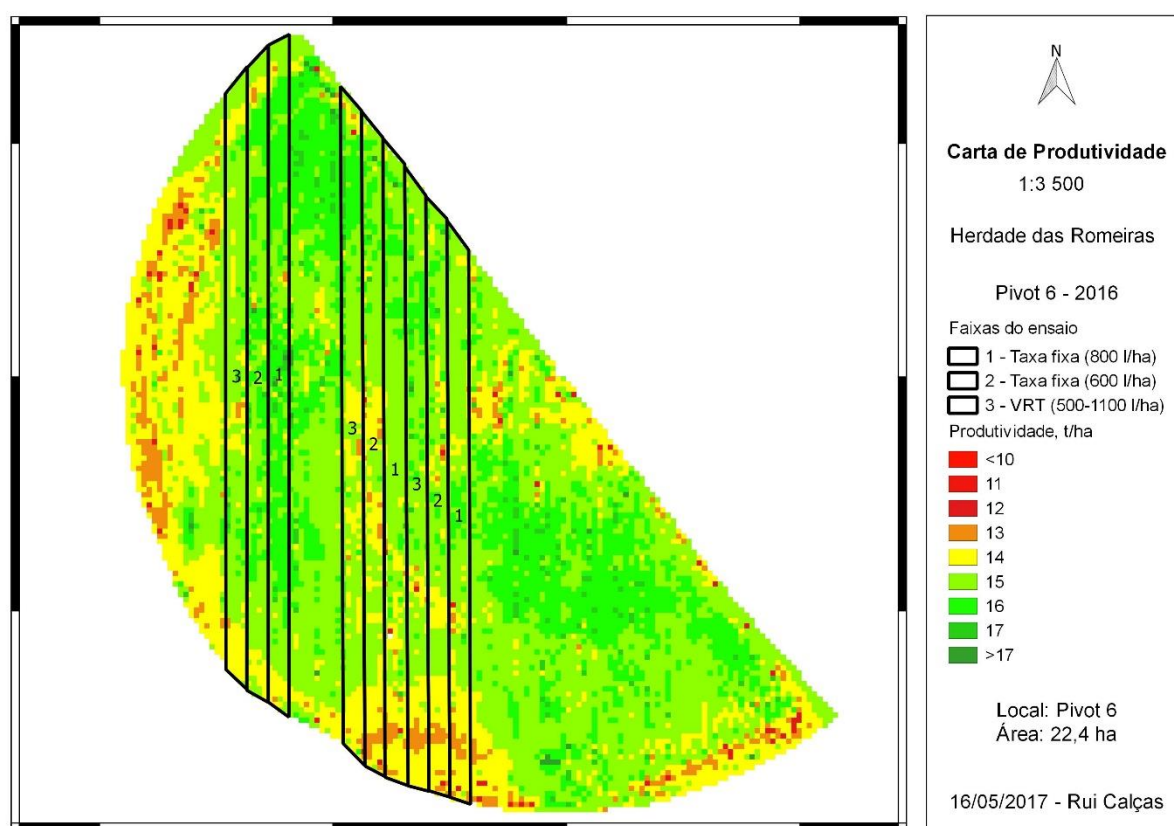


Figura 23 - Carta de produtividade de 2016, no pivô 6, milho com ciclo fao 600. Com as faixas do ensaio indicadas.

Através dos dados que derem origem à carta de produtividade de 2016, apenas com os dados que são referentes ao ensaio elaborou-se várias análises de variância à produtividade para verificar a existência de homogeneidade, os resultados apresentam-se nos pontos seguintes. Também se realizaram as mesmas análises estatísticas para o parâmetro margem bruta.

A carta de margem bruta, da figura 24, foi calculada com o preço do milho a 190 €/t e com um total de custos variáveis, excluindo o fertilizante de fundo, de 1525,2 €/ha. O preço do fertilizante foi somado aos custos variáveis totais consoante a carta de prescrição, com o preço por tonelada de 244 € ou por litro de 0,302 €.

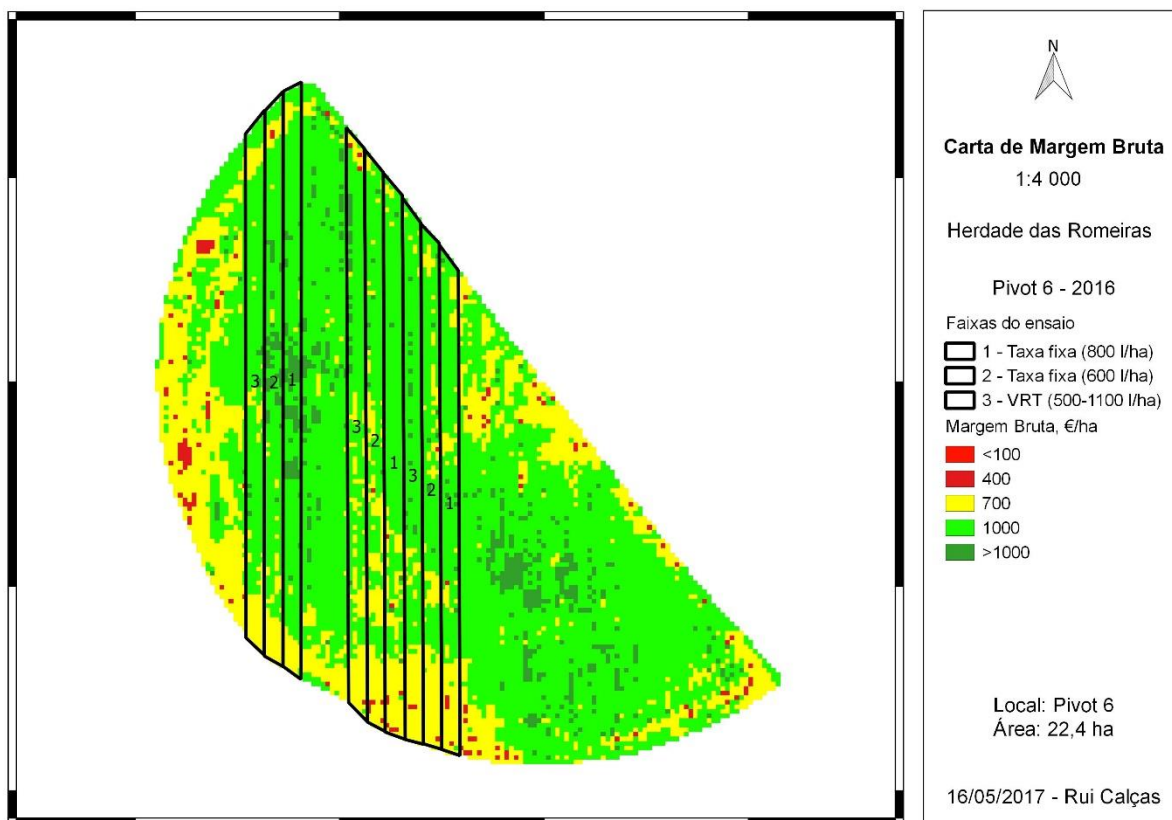


Figura 24 : Carta de margem bruta de 2016, no pivot 6. Com as faixas do ensaio indicadas.

4.2. Análise estatística da produtividade

A análise estatística aos dados das faixas do ensaio resultou no quadro 6. Na 1ª repetição do ensaio temos o tratamento VRT a destacar-se em termos de produtividade e a ter uma menor variância, no entanto apenas temos cerca de 300 kg/ha, em média, de diferença para o tratamento 600 l/ha. É perceptível, então com base na análise de resultados, que neste caso o tratamento VRT produziu mais e o tratamento 600 l/ha menos.

A segunda repetição onde se obteve a média de produção geral mais baixa, e na qual se verificou uma diferença 373 kg/ha entre o tratamento 800 l/ha e o tratamento VRT, e de 697 kg/ha entre o

tratamento 800l/ha e o tratamento 600 l/ha, e onde se conseguiu obter o menor desvio-padrão de todas as repetições. Nesta repetição o tratamento VRT demonstrou ser aquele em que a variação de produtividades foi menor, podendo-se assim admitir que neste caso a utilização do VRT ajudou a homogeneizar a produção nesta faixa do ensaio.

Na terceira repetição tem-se a melhor produtividade das 3 repetições, onde o tratamento 800 l/ha revela a maior produtividade e o VRT a menor produtividade. A maior produtividade conseguida, resultou numa maior variação da produção em relação às médias. No quadro 8 também podemos ver que o tratamento VRT tem a menor variação de entre os 3 tipos de fertilização apesar da média de produção desta faixa ser menor que nas outras.

No geral e analisando as médias, o tratamento que se comportou melhor foi o tratamento 800 l/ha, no que tem que ver com a produção. Na análise à variação de produtividade entre faixas do mesmo método de fertilização, o tratamento VRT destaca-se, pois tem um comportamento mais regular, ou seja, ao longo de cada faixa existiram variações de produtividade, mas que se verificaram ser menores em relação aos outros tratamentos.

A análise estatística mostra que com diferenças significativas o mesmo tratamento tem produtividades diferentes, ou seja, com a mesma fertilização nas diferentes repetições era expectável que se obtivesse a mesma produtividade, o que não acontece na realidade. É provável que a fertilização não tenha sido o único fator a limitar a produtividade do ensaio e da parcela. É notória, estatisticamente, a existência de diferentes produtividades entre tratamentos, e dentro dos mesmos tratamentos.

Uma boa produtividade está associada a diversos factores como variedade, temperaturas, disponibilidade de água, e disponibilidade de nutrientes. Quanto mais alto é o objetivo de produção maior é a importância dos micronutrientes e a disponibilidade de água para a planta.

Quadro 6 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade do ensaio.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total			
Rep - 1						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	21400,99	21200,91	21667,76	64269,66		
Média	14,26733	14,13394	14,44518	14,28215		
Variância	2,371607	2,2338	2,129878	2,260355		
Rep - 2						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	21728,63	20682,71	21168,53	63579,87		
Média	14,48576	13,78847	14,11235	14,12886		
Variância	2,201042	2,177152	1,989935	2,202954		
Rep - 3						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	22889,97	22477,35	21795,95	67163,27		
Média	15,25998	14,9849	14,53063	14,92517		
Variância	2,316575	2,192482	1,996597	2,25805		
Total						
Contagem	4500	4500	4500			
Soma	66019,6	64360,96	64632,24			
Média	14,67102	14,30244	14,36272			
Variância	2,476816	2,45299	2,070463			
ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	1606,628	2	803,3138	368,698	0	2,996398
Colunas	351,8111	2	175,9056	80,73561	0	2,996398
Interacções	493,5918	4	123,398	56,63612	1,84387E-47	2,372591
Dentro	29393,99	13491	2,178785			
Total	31846,02	13499				

O quadro 7 resulta da tentativa de perceber se as zonas com as mais baixas produções perto das cabeceiras, e se a linha de água que atravessa o pivot e por onde passam javalis influenciam as análises. Assim realizou-se uma nova análise de variância agora sem os dados das zonas enumeradas.

Na primeira repetição do ensaio o tratamento VRT continua a ser aquele com uma produção mais alta, mas agora aumentamos a diferença de produção entre a produção mais baixa, tratamento 600 l/ha, e a mais alta, tratamento VRT, para cerca de 390 kg/ha. Conseguiu-se diminuir a variância.

A segunda repetição tem como tratamento com melhor comportamento o de 800 l/ha, que também o era antes da limpeza de dados, e um aumento da diferença da produção mais alta e mais baixa, em cerca de 875 kg/ha. Os dados retirados deram origem a um aumento da variação das produtividades na faixa VRT, o que levou a que esta repetição não tivesse a variância mais baixa, tendo em conta os 3 tratamentos nesta repetição e como se comprova no quadro 7.

Na terceira repetição o tratamento 800 l/ha tem a melhor produtividade e o tratamento VRT tem menor variância. Entre o tratamento mais produtivo e o menos produtivo tem se 913 kg/ha.

No geral o tratamento que sobressai é o 800 l/ha, e em termos de variância também o é, com pouca diferença para o tratamento VRT. Contudo quando comparamos o quadro 6 com o quadro 7 observamos que a diferença entre a variância média do tratamento VRT é um pouco menor que a mesma diferença para o tratamento 800l/ha, ou seja, o tratamento 800 l/ha tem uma maior variação produtiva.

Assim a correção de exclusão de dados que se fez não alterou o padrão, e as diferenças significativas entre tratamentos e dentro dos tratamentos mantiveram-se. Conseguiu-se com esta exclusão de dados aumentar as médias e diminuir algumas variâncias.

Percebeu-se então, que a exclusão de dados não levou a conclusões diferentes e que os dados são constantes, ou seja, mesmo que existam erros, após todos os filtros e exclusão de dados no “QGIS” e “EXCEL” esses erros não influenciam os padrões de produtividade. Assim o VRT mantém uma variância menor antes e após a exclusão de alguns dados.

Quadro 7 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade do ensaio (selecionados).

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total			
REP - 1						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	620834	686263	706802	2013899		
Média	517,36	571,89	589,00	559,42		
Variância	43771,78	45943,10	45889,38	46109,69		
REP - 2						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	661151	590230	665201	1916582		
Média	550,96	491,86	554,33	532,38		
Variância	47564,05	50211,03	62692,94	54282,90		
REP - 3						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	801259	803295	642230	2246784		
Média	667,72	669,41	535,19	624,11		
Variância	53157,12	55534,03	41985,97	54152,31		
Total						
Contagem	3600	3600	3600			
Soma	2083244	2079788	2014233			
Média	578,68	577,72	559,51			
Variância	52290,63	55807,34	50657,65			
ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	15994387,27	2	7997194	161,1076	0	2,996564
Colunas	839992,6002	2	419996,3	8,461045	0,000212958	2,996564
Interacções	19714575,6	4	4928644	99,29011	3,90282E-83	2,372755
Dentro	535652529,1	10791	49638,82			
Total	572201484,6	10799				

4.3. Análise estatística à Margem Bruta

Para perceber qual a influência dos vários tipos de fertilização em termos económicos, calculou-se com base na produtividade a margem bruta, que foi posteriormente submetida a uma análise de variância.

Quadro 8 - Quadro resumo da ANOVA da margem bruta calculados através da produtividade.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total			
REP - 1						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	17367,729	17327,995	17795,669	52491,393		
Média	14,473	14,440	14,830	14,581		
Variância	1,608	1,688	1,586	1,657		
REP - 2						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	17795,669	16745,991	17601,469	52143,129		
Média	14,830	13,955	14,668	14,484		
Variância	1,586	1,844	2,483	2,115		
REP - 3						
Contagem	1200	1200	1200	3600		
Soma	18461,201	18037,190	17365,150	53863,542		
Média	15,384	15,031	14,471	14,962		
Variância	1,953	2,040	1,537	1,984		
Total						
Contagem	3600	3600	3600			
Soma	53624,600	52111,176	52762,288			
Média	14,896	14,475	14,656			
Variância	1,855	2,050	1,889			
ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	459,620075	2	229,8100375	126,6948279	0	2,996564
Colunas	320,1833301	2	160,0916651	88,25892101	0	2,996564
Interações	820,8061961	4	205,201549	113,1281088	1,20601E-94	2,372755
Dentro	19573,64919	10791	1,813886497			
Total	21174,25879	10799				

A análise de variância realizada, que se apresentou no quadro 8, revelou que na primeira repetição o tratamento 600 l/ha tem o melhor comportamento e a variância mais baixa. Na segunda repetição o tratamento VRT em média conseguiu o melhor rendimento bruto e o tratamento 600 l/ha a melhor variância. Já na terceira repetição o tratamento 600 l/h apresentou o melhor rendimento bruto e o tratamento VRT a menor variância, esta repetição no geral foi a que melhor se comportou.

Em termos gerais no ensaio temos um melhor comportamento em euros por hectare do tratamento 600 l/ha e uma maior homogeneidade do tratamento VRT.

Estatisticamente existem diferenças significativas entre as várias repetições e os vários tratamentos, não se podendo assim verificar a existência de homogeneidade em nenhum dos

tratamentos. O facto de no tratamento 600 l/ha se ter obtido a maior margem bruta por unidade de área, ajuda-nos a fundamentar a tese de que existiram vários factores a influenciar as produtividades. E como tal a melhor fertilização para o caso em estudo, tendo em conta aspectos económicos foi o tratamento 600 l/ha. O fertilizante à sementeira pesa em média 12% dos custos variáveis médios totais de produção no milho grão nesta exploração.

Como aconteceu na análise estatística à produção também na análise económica foi realizada uma análise de variância sem as zonas da cabeceira e da linha de água onde os javalis passavam, quadro 9.

Na primeira repetição, a melhor margem bruta aparece associada ao tratamento VRT e a menor variância ao tratamento dos 800 l/ha. Esta foi no geral a repetição onde a variância média dos três tipos de fertilização foi menor.

Na segunda repetição, o tratamento VRT, com pouca diferença para o tratamento 800 l/ha, manteve o melhor comportamento no que diz respeito à margem bruta, e a menor variação dos dados em relação à média foi verificada no tratamento 800 l/ha.

Na terceira repetição, onde no geral das repetições se obteve a média de rendimento bruto mais alta, o tratamento 600 l/ha atingiu um melhor comportamento e o tratamento VRT a menor variação. A diferença entre o tratamento 800 l/ha e o tratamento 600 l/ha é residual, cerca de 1€/ha.

No tratamento 800 l/ha obteve-se melhor margem bruta média, apesar de ser pouca a diferença em relação ao tratamento 600 l/ha, e o tratamento VRT conseguiu em média ter o desvio-padrão mais baixo, traduzindo-se numa maior homogeneidade em termos de produção de milho grão e consequentemente de margem bruta.

As diferenças significativas entre tratamentos e repetições mantiveram-se. O tratamento VRT comporta-se homogeneamente melhor que os outros tratamentos. A limpeza extra de alguns dados, nomeadamente na zona das cabeceiras e linha de água/estragos dos javalis, fez com que a análise estatística se alterasse pouco, não sendo suficiente para se extrair diferentes conclusões. O tratamento VRT é aquele em que conseguimos atenuar mais a variabilidade e onde apesar de não termos a melhor margem bruta, esta fica em muitos casos próxima da margem bruta dos tratamentos 600 l/ha e 800 l/ha.

Quadro 9 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta, resultantes dos dados seleccionados de produtividade.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total			
Rep - 1						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	724583	780295	770501	2275379		
Média	483,1	520,2	513,7	505,6		
Variância	64734,2	59972,5	72043,7	65816,5		
Rep - 2						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	745600	709828	807029	2262457		
Média	497,1	473,2	538,0	502,8		
Variância	69759,0	58548,7	68052,0	66140,4		
Rep - 3						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	960912	962040	783751	2706703		
Média	640,6	641,4	522,5	601,5		
Variância	59895,9	63890,7	50815,6	61295,3		
Total						
Contagem	4500	4500	4500			
Soma	2431095	2452163	2361281			
Média	540,2	544,9	524,7			
Variância	69837,9	65795,7	63710,1			
ANOVA						
Fonte de variação	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Amostra	28411991,1	2	14205995,5	225,2091	0	2,996398
Colunas	1005732,8	2	502866,4	7,971993	0,000346619	2,996398
Interacções	17435081,5	4	4358770,4	69,10003	5,27147E-58	2,372591
Dentro	851000636,5	13491	63079,1			
Total	897853441,9	13499				

Antes de passar ao próximo ponto e em suma, nos últimos dois capítulos realizou-se uma análise detalhada aos tipos de tratamento tendo em conta a produtividade e a margem bruta. Posto isto, quer na análise à produtividade, quer na análise à margem bruta, o tratamento VRT foi mais homogéneo. Na análise à produtividade o tratamento 800 l/ha destacou-se, e no que se refere à margem bruta obteve-se um melhor resultado no tratamento 600 l/ha, concluindo-se que a maior produtividade nem sempre está directamente ligada ao maior retorno monetário, como tal, o esforço da investigação deverá procurar não só produtividades elevadas como também bons retornos monetários como consequência de uma maior eficácia e equilíbrio do sistema produtivo, tendo em conta as suas limitações.

4.4. Análise estatística: VRT – 600l/ha e URT 600l/ha

Existe no ensaio coincidência de taxas de fertilização do tratamento VRT com o tratamento 600 l/ha, e como tal uma análise de variância entre os pontos (nas mesmas zonas da parcela) onde se fertilizou 600 l/ha nas faixas VRT e nas faixas de 600 l/ha faz todo o sentido. Assim sendo, e feita a análise de variância (anexo VII), verificaram-se diferenças significativas entre faixas em todas as repetições. Na primeira e na segunda repetição houve uma maior produtividade nas faixas VRT, com diferenças de 315 kg/ha e 505 kg/ha, respetivamente. E na terceira repetição a faixa 600 l/ha teve em média uma produtividade maior que a faixa VRT em cerca de 739 kg/ha. Estatisticamente, através dos quadros no anexo VII, as produtividades são diferentes e o fator fertilizante foi colocado na mesma quantidade, em igualdade de factores não deveriam existir diferenças significativas visto o fertilizante disponível para as plantas ser o mesmo. Factores como o equilíbrio de nutrientes e a disponibilidade de água podem ter condicionado a absorção de nutrientes, e estes não estão a ser controlados neste ensaio, pois no campo e num ensaio com esta dimensão, muitos são os factores que podem influenciar o desenvolvimento da planta e, portanto, a produção de grão.

Este resultado vem confirmar que a variabilidade dentro da mesma aplicação de fertilizante pode ser muito elevada, como tal, é sempre necessário perceber quais são os factores que influenciam a variabilidade, e tentar estudar um modo de controlar ou diminuir o seu efeito na utilização de fertilizantes, de modo a conseguir maximizar o factor fertilizante, ambiental e economicamente.

4.5. Histogramas

No histograma da figura 25 está representada a variabilidade produtiva das zonas do ensaio fertilizadas com 600 l/ha, através da frequência de cada nível de produção. No anexo III, apresentam-se os histogramas das zonas do ensaio fertilizadas com 800l/ha, 900 l/ha, 1000 l/ha e 1100 l/ha.

Em todas as zonas do ensaio a produtividade mediana, ou segundo quartil, aparece entre as 14-15 t/ha. A produção mediana das zonas com tratamento 600 l/ha, está abaixo de uma produtividade com valor 14,409 t/ha, para o tratamento 800 l/ha está abaixo das 14, 801 t/ha, para o tratamento 900 l/ha está abaixo das 14,648 t/ha, no tratamento 1000 l/ha está abaixo de 14,877 t/ha, e no tratamento 1100 l/ha está abaixo dos 14,556 t/ha. Ou seja, zona de produção onde se posiciona o segundo quartil

vai subindo à medida que a quantidade de fertilizante aumenta até se chegar aos 1000 l/ha, nos 1100 l/ha o valor de produção associado ao segundo quartil do valor do tratamento com 600 l/ha. O ótimo de produção é atingido quando se fertiliza com 1000 l/ha.

Observando as produtividades das faixas e os quartis para cada nível de produção temos que nas zonas onde se fertilizou com 1000 l/ha, 75% da produção se situa abaixo de 15,805 t/ha, o melhor valor de produção entre as várias taxas aplicadas. Assim aplicando 1000 l/ha de fertilizante ainda se consegue um acréscimo na produção, contrariamente ao que acontece nas zonas em que a quantidade de fertilizante aplicada foi de 1100 l/ha.

O aumento de produtividade que pode resultar do aumento da fertilização, não chega a ser mais de 500 kg/ha entre as várias quantidades de fertilizante aplicadas. Aparentemente parece que continuamos a ver uma baixa correlação entre a quantidade de fertilizante aplicada e a produção, ou seja, por mais fertilizante que se aplique o grão que se produz a mais não se traduz num maior valor monetário.

A variabilidade das produções, dentro dos mesmos níveis de fertilização, e a baixa resposta à quantidade de fertilizante entre níveis de fertilização leva-nos a questionar outros factores de produção, nomeadamente as necessidades de água e as altas temperaturas aquando a floração, que combinados com a fase de desenvolvimento em que a planta se encontra pode resultar em impactos negativos na produção.

Quadro 10 - Quadro indicativo dos quartis de produção, em t/ha, de cada nível de fertilização.

	600 l/ha	800 l/ha	900 l/ha	1000 l/ha	1100 l/ha
Q1	13,582	13,963	13,833	13,931	13,841
Q2	14,409	14,801	14,643	14,877	14,556
Q3	15,389	15,759	15,647	15,805	15,329
Q4	23,976	23,845	22,953	21,386	18,654

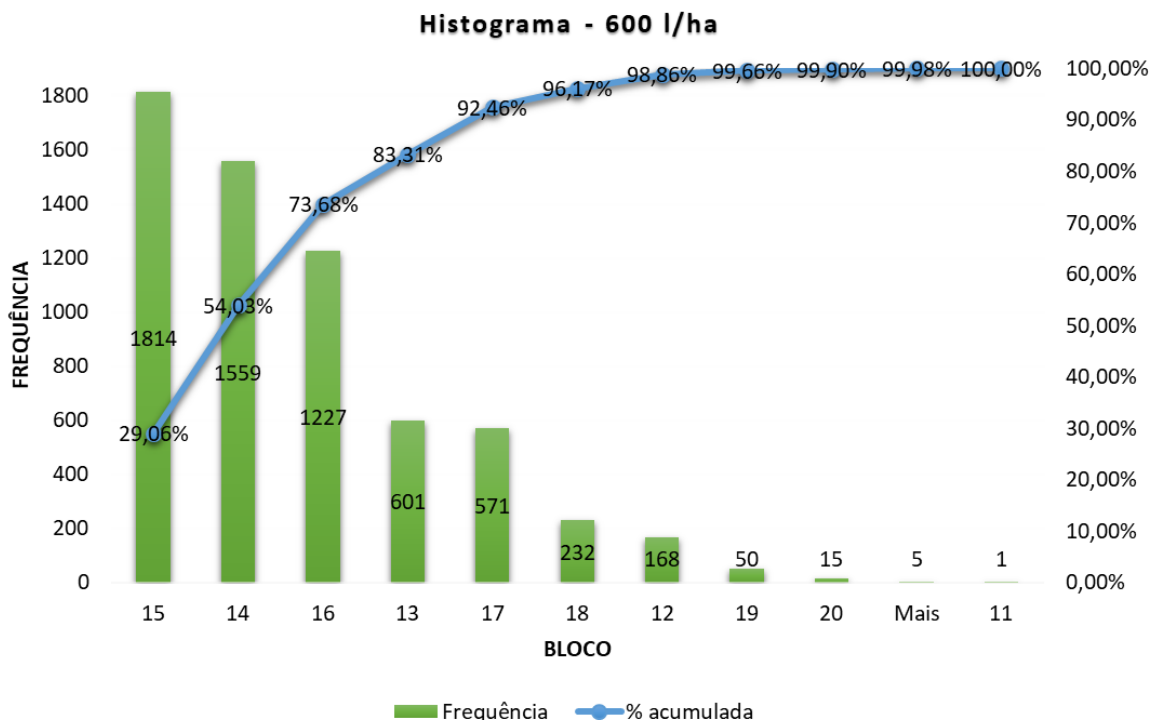


Figura 25 - Histograma da produtividade, em t/ha, dos pontos fertilizados com 600 l/ha.

4.6. Análise estatística à amostragem de plantas

A análise estatística aos pontos de plantas amostradas tem como objetivo fundamentar a análise feita através dos dados recolhidos com a ceifeira debulhadora, e para tentar perceber eventuais diferenças ou não entre a fertilização com tecnologia VRT e a fertilização a taxa fixa (URT). As plantas foram recolhidas em 8 pontos, numa área que corresponde a 3 m² por ponto, como explicado no capítulo 3.11.

Com a análise descritiva aos dados recolhidos para cada ponto, quadros resultantes no anexo VI, fez-se a seguinte análise e observação. Notou-se que o número de plantas presentes à colheita influenciaram a produtividade, e que na maioria dos pontos o baixo número de plantas está associado a baixas produções (quadro 11). A variação da produção está também relacionada com o tamanho da espiga (nº de linhas por espiga e nº de grãos por linha) e com o peso de mil grãos.

A comparação dos pontos amostrados, tem como ponto de referência a produção de 18 t/ha para uma população de plantas de 92000 plantas/ha, ou 27,5 plantas em 3 m².

Na figura 26 estão apresentados o número de plantas em cada ponto de amostragem. Os pontos 2 e 4 têm o mesmo número de plantas, 25 plantas/3 m² ou 83 333 plantas/ha, mas diferentes produções, pois o peso/grão é mais alto no ponto 4. O ponto 4 está numa zona com CEa do solo entre 20-30 mS/m, uma CEa do solo alta, uma textura mais argilosa, com um índice de NDVI maior após a emergência do milho, e mais nutrientes disponíveis no solo, contudo com uma fertilização na ordem dos 600 l/ha que nos leva a uma produtividade de 15,493 t/ha de milho grão. No ponto 2 a CEa do solo toma valores entre 10-20 mS/m, que corresponde a uma textura do solo mais limosa, com um índice de NDVI em pós emergência baixo, uma maior fertilização de cerca de 1000 l/ha para contrariar a menor fertilidade no solo, e o resultado produtivo de 12,723 t/ha de milho grão, um valor abaixo da produtividade no ponto 4. As diferenças existentes observadas através do índice de NDVI, devem-se a diferentes desenvolvimentos na emergência devido à variabilidade do solo.

Pelo contrário nos pontos 3 e 8 (quadro 11), existe uma diferença de 5,02 t/ha, na produção estimada de milho grão, com uma produção mais alta no ponto 3, condicionada pelo número de plantas produtivas, 28 plantas/3 m² no ponto 3, que contrasta com as 15 plantas/3 m² no ponto 8. No ponto 3 a CEa do solo tem valores entre 20-30 mS/m, a fertilização foi de 1000 l/ha e um índice de NDVI de 0,3-0,4. A zona onde se encontra o ponto 8 tem valores de CEa do solo entre 30-50, onde se fertilizou 800 l/ha, e que o índice de NDVI após a emergência foi baixo. O solo do ponto 8 é mais argiloso que o do ponto 3, a diferença de plantas emergidas é grande e influencia o índice de NDVI e a produção. Uma solução a equacionar para este caso, poderá ser a variação de densidades de sementes, pois com uma maior densidade de plantas existe um maior potencial produtivo, e como tal uma maior produção unitária potencial mais elevada.

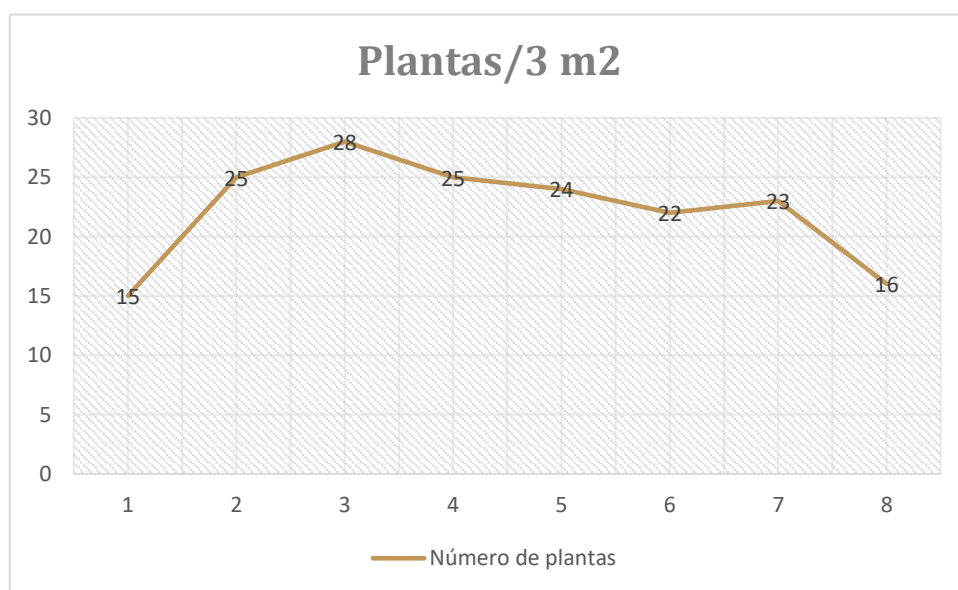


Figura 26 - Quadro representativo do número de plantas em cada ponto de amostragem, à colheita.

Quadro 11 - Quadro resumo de CEa do solo, NDVI, fertilização, número de plantas, produção estimada, e peso/grão, nos pontos de amostragem de plantas à colheita.

Ponto	CEa do solo, mSm	NDVI, um mês e meio após emergência	Fertilização, l/ha	Nº plantas/ 3 m ²	Produção estimada (kg/ha)
1	30-50	0,1-0,2	VRT, 600 l/ha	15	12150,12
2	10-20	0,1-0,2	VRT, 1000 l/ha	25	12723,17
3	20-30	0,3-0,4	VRT, 1000 l/ha	28	18815,80
4	20-30	0,3-0,4	VRT, 600 l/ha	25	15493,10
5	20-30	0,5-0,6	URT, 600 l/ha	24	15392,04
6	5-10	0,1-0,2	URT, 600 l/ha	22	13862,64
7	10-20	0,6-0,7	URT, 800 l/ha	23	17040,43
8	30-50	0,1-0,2	URT, 800 l/ha	16	13864,28

De seguida apresenta-se para cada ponto o parâmetro medido que mais notoriamente influencia a produção.

No ponto 1, que corresponde a uma zona de NDVI baixo/Fertilização baixa, o número de plantas influencia pela negativa a produção.

O ponto 2, zona com NDVI baixo/Fertilização alta, tem um bom número de plantas por ha perto do objetivo de 92000 plantas/ha, mas o peso de mil grãos e a dimensão da espiga limitam a produção, parâmetros que estão directamente ligados com a disponibilidade de nutrientes e água.

No ponto 3, NDVI alto/ fertilização alta, obteve-se uma taxa de emergência de 100%, e, portanto, não se tem espigas muito grandes, mas sim um bom peso de 1000 grãos, o que se transforma numa boa produtividade estimada, a melhor dos pontos amostrados.

O ponto 4, NDVI alto/fertilização baixa, tem-se um número de plantas idêntico ao ponto 2, e mesmo assim consegue-se ter uma produtividade na ordem das 15 t/ha, com um tamanho da espiga dentro do espectável e com um peso de mil grãos igualmente bom.

O ponto 5, NDVI alto/600 l/ha, tem um número de plantas um pouco abaixo do ponto 4, mas com uma produtividade idêntica, apesar de se ter espigas um pouco mais pequenas, conseguiu-se um bom peso de mil grãos.

O ponto 6, NDVI baixo/600 l/ha, com um menor número de plantas, consequentemente uma menor produtividade, obteve-se um bom peso de mil grãos, mesmo tendo espigas mais pequenas.

No ponto 7, NDVI alto/800 l/ha, com cerca de 77000 plantas/ha, um valor longe do que seria expectável, tem-se uma boa produtividade estimada, devido a um bom peso de 1000 grãos, e um bom tamanho da espiga.

O ponto 8, NDVI baixo/800 l/ha, tem um baixo número de plantas que conjugado com um baixo peso de 1000 grãos limita a produção, contudo um bom tamanho da espiga.

De modo a solidificar as afirmações em relação às zonas amostradas realizou-se uma análise de variância, quadros do anexo V, comparando dentro do mesmo parâmetro os vários pontos amostrados. Com base nos quadros da análise de variância, que estão em anexo, para parâmetros como o peso de 1000 grãos, peso total verde, nº grãos/linha, produção estimada, e a densidade de plantas revelaram a existência de diferenças significativas de zona para zona.

O nº de linhas/espiga, quando submetido à análise estatística revelou ser homogêneo entre as várias zonas comparadas. A densidade de plantas, especificamente uma menor densidade de plantas, está relacionada com uma menor densidade de sementes, a importância de uma boa sementeira, boa emergência e manutenção dessas plantas até ao final, à colheita, é um fator de extrema importância para uma boa produção.

Os quadros de análise estatística apresentados no anexo V, permitem afirmar que a produtividade foi influenciada pela densidade de plantas, que influencia a disponibilidade de nutrientes e de água, e posteriormente o nº de grãos/espiga, e o peso de mil grão. Assim a solução para tentar homogeneizar mais a produtividade pode ser além da fertilização a taxa variável, uma sementeira a taxa variável, para tentar aumentar a população de plantas emergidas nas zonas com uma densidade de emergências baixa.

5. Conclusões

Com esta dissertação objetivou-se avaliar o comportamento da utilização da tecnologia VRT (variable rate technology), na fertilização líquida de fundo na cultura do milho grão, num contexto de agricultura de precisão. As inovações tecnológicas tanto de sistemas de posicionamento bem como de tratamento de dados obtidos através de sensores abrem um novo caminho na implementação de uma agricultura sustentável apesar de no caso português no que diz respeito a estas novas tecnologias agrícolas não se falar em pioneirismo. É de todo importante constatar, relatar o seu uso de forma a comparar os resultados de uma agricultura tradicional em oposição a uma agricultura que usa da melhor maneira a leitura de dados dentro da parcela tendo em conta o seu meio envolvente para assim desta forma antecipar gastos em termos monetários ou até mesmo de recursos naturais.

A parcela que serviu de ensaio para esta dissertação está inserida numa exploração agrícola situada no centro alentejano, onde se verifica o pouco uso da consciencialização da agricultura de precisão bem como a de fertilização a taxa variável. O ensaio enquadrado nesta dissertação é sobre fertilização de precisão a taxa variável e mostra que o emprego desta tecnologia pode ser uma mais valia no terreno em termos de rentabilidade e sustentabilidade.

O delineamento do ensaio realizado, que tem por base esta dissertação das novas tecnologias na agricultura permitiu aferir que com várias repetições e tipos de fertilização (taxa VRT, taxa uniforme 800 l/ha, taxa uniforme 600 l/ha), algumas conclusões podem ser enumeradas, na parcela mapeada.

O tratamento VRT permitiu ter uma produtividade e margem bruta mais estável, o tratamento 800 l/ha foi o que demonstrou uma melhor produtividade, mas em termos económicos menos sustentável que o tratamento 600 l/ha onde a margem bruta foi mais elevada.

A aplicação de fertilizantes tem em conta muitos parâmetros, e deve ser estudada parcela a parcela, pois as plantas respondem positivamente até um determinado valor de fertilizante aplicado. Com a aplicação de fertilizante uniforme em 2 tratamentos, conseguiu-se perceber que com o mesmo tratamento podemos obter diferentes produtividades.

A densidade de plantas à colheita revelou ser um dos factores decisivos na interpretação dos resultados desta dissertação, pois pensava-se que os tratamentos teriam à emergência populações de plantas semelhantes. Dessa forma a fertilização em trabalhos futuros deve controlar este factor decisivo no resultado final, pois é a população de plantas e a sua produção potencial que influencia a necessidade de fertilizantes.

Como base neste ensaio é notório que existem vantagens na utilização de tecnologias na agricultura, nomeadamente do VRT na aplicação de fertilizantes ao longo do ciclo das culturas, e também na distribuição espacial de sementes, devido à importância que a densidade de plantas tem na produção das parcelas, e no consumo de água, nutrientes.

Este tipo de agricultura mais tecnológico, é bem mais exigente do ponto de vista técnico, como tal é fundamental não só uma boa preparação nos instrumentos tecnológicos, como também dos modelos agronómicos. Está assim a ser criado um novo paradigma na agronomia e agricultura, será, portanto, uma mudança progressiva no caminho para uma maior sustentabilidade, eficiência e eficácia não só na produção de milho grão, como também na produção de alimentos.

Bibliografia

Agronegocios; A produção de milho em Portugal; 2015. <http://www.agronegocios.eu/noticias/a-producao-de-milho-em-portugal/>; consultado em 5/04/2017.

Alves, Sueli Martins de Freitas; 2013; Definição das zonas de manejo a partir de mapas de condutividade eléctrica e matéria orgânica; Biosci. J., Uberlândia, v.19, n.1, p. 104-114.

Anónimo; 2009; Agricultura de Precisão.

Anpromis; 2017; <http://www.anpromis.pt/o-milho.html>; Institucional da Associação de Produtores de Milho e Sorgo; consultado em 5/04/2017.

Bennetzen, Jeffrey L.; Hake, Sara; 2008; Handbook of Maize: It's biology; Springer pp. 600.

Bennetzen, Jeffrey L.; Hake, Sara; 2009; Handbook of Maize: Genetics and Genomics; Springer pp. 800.

Bocianowski, Jan; Szule, Piotr; Tratwal, Anna; Nowosad, Kamila; Piesik, Dariuz; Research article: The influence of potassium to mineral fertilizers on the maize health; 2016; In journal of integrative agriculture June 2016; 15(6): 1286-1292.

Bragagnolo, Jades; Amado, Telmo Jorge Carneiro; Bartolotto, Rafael Pivotto; 2016; Eficiência de uso da dose variada de nitrogênio prescrita por sensor optico em milho; Revista Ceres; 2016; 63(1):103-11.

Cardoso, José V. J. de Carvalho; Solos de Portugal, sua classificação, caracterização, génese, 1 – A Sul do Rio Tejo; 1965; Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas.

Celik, Ahmet; Altikat, Sefa; Way, Thomas R.; Strip tillage width effects on sunflower seed emergenc and yield; 2013; Soil & Tillage Research 131 (2013) 20-27.

Chen, Can; Pan, Jianjun; Lam, Shu Kee; A review of precision fertilization research; 2014; Environ Earth Sci (2014) 71:4073-4080.

Coelho, José Pimentel Castro; Silva, Luis Mira da; Tristany, Miguel; Neto, Miguel de Castro; Pinto, Pedro Aguiar; Agricultura de Precisão; 2004; ISBN: 972-8816-47-2.

Coelho, José Pimentel Castro; Silva, José Rafael Marques da; 2009; Inovação e tecnologia na formação agrícola – Agricultura de Precisão; Projecto 3431144, AJAP.

Dodd, R.J.; Sharpley, A. N.; Recognizing the role of soil organic phosphorus in soil fertility and water quality; 2015; In losses and efficiencies in Phosphorus management, resources, conservation & Recycling; 105 Part B:282-293.

Endale, Dinku M.; Potter, Thomas L.; Strickland, Timothy C.; Bosch, David D.; Sediment-bound total organic carbon and total organic nitrogen losses from conventional and strip tillage cropping systems; 2017; Soil & Tillage research 171 (2017) 25-34.

European Global Navigation Satellite Systems Agency; <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>, consultado em 28/05/2018.

FAO Statistics; <http://www.fao.org/faostat/en/#data>; Food and Agriculture Organization of United Nations; consultado em 20/04/2017.

FAO; World Reference Base for Soil Recourses 2014: International soil classification system for naming soils and creating legend for soil maps; 2015; Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferguson, Richard B.; Hergert, Gary W.; 2009; Soil Sampling for Precision Agriculture; University of Nebraska.

Fulton, John P.; Shearer, Scott A.; Higgins, Steve F.; McDonald, Timothy P.; A method to generate and use as-applied surfaces to evaluate variable-rate fertilizer applications.

Gegner-Kazmierczak, Sarah; Hatterman-Valenti, Harlene; Strip Tillage and Early-season Broadleaf Weed Control in Seeded Onion (*Allium cepa*); 2016; Department of Plant Sciences, North Dakota State University.

Girardin, P.; 1999; Ecophysiologie du maïs; Montardon; 323 p.

Hussain, A.; Arshad, M.; Ahmad; Z.; Ahmad; H.T.; Afzal, M.; Ahmad; M.; Potassium fertilization influences growth, physiology and nutrients uptake fo maize (*Zea mays*); 2015; Cercetari Agronomice in Moldava; Vol. XLVIII, No. 1(161)/2015.

Idowu, John; Pangarajan, Anu; Es, Harold van; Schindelleck, Bob; Reduced Tillage Fact Sheets, Fact Sheet 1: Zone Tillage; Cornell University, College of Agriculture and life science.

Instituto Nacional de Estatística; 2015; ISSN 0079-4139.

Laufer, Daniel; Koch, Hienz-Josef; Growth and yield formation of sugar beet (*Beta vulgaris*) under strip tillage compared to full width tillage on silt loam soil in central Europe; 2017; European Journal of Agronomy 82 (2017) 182-189.

Liu Z.; Xiong W.; Cao X.; 2012; Design of Precision Fertilization Management Information System on GPS and GIS Technologies; In: Computer and Computing Technologies in Agriculture V. CCTA; 2011; IFIP Advances in Information and Communication Technology; vol 368; Springer; Berlin, Heidelberg.

Machado, P.; Mapeamento da condutividade elétrica e relação a argila de latossolo sob plantio direto; 2006; Pesq. Agropec. Bras.; Brasília, v.14, n.6, p.1023-1031.

Mariangela, Diacono; Rubino, Pietro; Montemurro, Francesco; Precision nitrogen management of wheat. A review; 2013; Agron. Sustain. Dev. (2013) 33:219-241.

Nafziger, Emerson; Corn, Department of Crop Sciences; Cap. 2, Illinois Agronomy Handbook.

Nasa;
https://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php
; consultado a 17/10/2017.

Nowatzki, John; Endres, Greg; Dejong-Hughes, Jodi; Aakre, Dwight; Strip-till for field crop production; 2011; NDSU Extension Service.

Otegui, Maria E.; Slafer, Gustavo A.; 2000; Physiological bases for maize improvement; Haworth Press.

Paes, Vasco Maria Tareco Brito; Análise da variabilidade espaço-temporal da produtividade de milho numa parcela na região da Golegã; 2011; Instituto Superior de Agronomia – Lisboa.

Peralta, Nahuel Raúl; Costa, José Luis; Barbieri, Pablo; Gousland, Tomas; Aparicio, Virginia; 2015; Agricultura de precisión: Dosis variable de nitrógeno en cebada; Ciencia del suelo, vol.33 Issue 1, P131-137. 7P.

Peralta, Nahuel Raúl; Costa, José Luis; 2013; Delineation o management zones with soil apparent electrical conductivity to improve nutriente management; Computers and electronics in Agriculture 99.

Rabello, Ladislau Marcelino; 2009; Condutividade elétrica aparente do solo, topicos e equipamentos; ISSN - 1518-7179; documentos 43.

Radulov, Isidora; BerbeCEa, Adina; Lato, Alina; Crista, F.; Merches, P.; Potassium in soil - Plant-Human system; 2014; Research journal of agricultural Science 2014, vol. 46 issue 46, p47-52, 6p.

Ramson Joel; Corn Growth and Management, Quick Guide; 2013; North Dakota State University, Extension Service.

Schieffer, J.; Dillon, C.; 2014; The economic and environmental impacts of precision agriculture and interactions with agro-environmental policy; Springer Science+Business Media New York.

Schurijver, Remco; 2016; Precision agriculture and the future of farming in Europe; European Parliament.

Serrano, João M.; Shahidian, Shakib; Silva, José R. Marques; 2014; Soil phosphorus retention in a mediterranean pasture subjected to differential management; European journal of soil science, july 2014, 65, 562-572.

Serrano, João M.; Shahidian, Shakib; Silva, José R. Marques; 2012; Apparent electrical conductivity in dry versus wet soil conditions in a shallow soil; Published online: ICAAM, rural engineering departement, University of Évora.

Serrano, João M.; Peça, José Oliveira; Silva, José R. Marques; Shahidian, Shakib; 2010; Medição e mapeamento da condutividade electrica aparente do solo em pastagens; Revista das ciencias agrárias, V33, nº2, Lisboa.

Werner, Valmir; Schlosser, José F.; Rozin, Dinorvan; Pinheiro, Eder D.; Dornelles, Marçal E. C.; 2007; Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento; Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.11, nº6, p. 658-663.

Zhao, Shicheng; He, Ping; Qiu, Shaojun; Jia, Liangliang; Liu, Mengchao; Jin, Jiyun; Johnston, Adrian M.; 2014; Long term effects of potassium fertilization and straw return on soil potassium levels and crop yields in north-central China; 2014; In field crops research 169:116-122.

Anexo I

Quadro 12 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade recolhidos pela ceifeira.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total	
Rep - 1				
Contagem	1500	1500	1500	4500
Soma	21400,99	21200,91	21667,76	64269,66
Média	14,26733	14,13394	14,44518	14,28215
Variância	2,371607	2,2338	2,129878	2,260355
Rep - 2				
Contagem	1500	1500	1500	4500
Soma	21728,63	20682,71	21168,53	63579,87
Média	14,48576	13,78847	14,11235	14,12886
Variância	2,201042	2,177152	1,989935	2,202954
Rep - 3				
Contagem	1500	1500	1500	4500
Soma	22889,97	22477,35	21795,95	67163,27
Média	15,25998	14,9849	14,53063	14,92517
Variância	2,316575	2,192482	1,996597	2,25805
Total				
Contagem	4500	4500	4500	
Soma	66019,6	64360,96	64632,24	
Média	14,67102	14,30244	14,36272	
Variância	2,476816	2,45299	2,070463	

ANOVA

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	1606,628	2	803,3138	368,698	0	2,996398
Colunas	351,8111	2	175,9056	80,73561	0	2,996398
Interacções	493,5918	4	123,398	56,63612	1,84387E-47	2,372591
Dentro	29393,99	13491	2,178785			
Total	31846,02	13499				

Quadro 13 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta calculados através da produtividade.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total			
Rep - 1						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	724583	780295	770501	2275379		
Média	483,1	520,2	513,7	505,6		
Variância	64734,2	59972,5	72043,7	65816,5		
Rep - 2						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	745600	709828	807029	2262457		
Média	497,1	473,2	538,0	502,8		
Variância	69759,0	58548,7	68052,0	66140,4		
Rep - 3						
Contagem	1500	1500	1500	4500		
Soma	960912	962040	783751	2706703		
Média	640,6	641,4	522,5	601,5		
Variância	59895,9	63890,7	50815,6	61295,3		
Total						
Contagem	4500	4500	4500			
Soma	2431095	2452163	2361281			
Média	540,2	544,9	524,7			
Variância	69837,9	65795,7	63710,1			
ANOVA						
Fonte de variação	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Amostra	28411991,1	2	14205995,5	225,2091	0	2,996398
Colunas	1005732,8	2	502866,4	7,971993	0,000346619	2,996398
Interacções	17435081,5	4	4358770,4	69,10003	5,27147E-58	2,372591
Dentro	851000636,5	13491	63079,1			
Total	897853441,9	13499				

Anexo II

Quadro 14 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de produtividade (selecionados) recolhidos pela ceifeira debulhadora.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total	
REP - 1				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	17367,729	17327,995	17795,669	52491,393
Média	14,473	14,440	14,830	14,581
Variância	1,608	1,688	1,586	1,657
REP - 2				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	17795,669	16745,991	17601,469	52143,129
Média	14,830	13,955	14,668	14,484
Variância	1,586	1,844	2,483	2,115
REP - 3				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	18461,201	18037,190	17365,150	53863,542
Média	15,384	15,031	14,471	14,962
Variância	1,953	2,040	1,537	1,984
Total				
Contagem	3600	3600	3600	
Soma	53624,600	52111,176	52762,288	
Média	14,896	14,475	14,656	
Variância	1,855	2,050	1,889	

ANOVA

Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	459,620075	2	229,8100375	126,6948279	0	2,996564
Colunas	320,1833301	2	160,0916651	88,25892101	0	2,996564
Interacções	820,8061961	4	205,201549	113,1281088	1,20601E-94	2,372755
Dentro	19573,64919	10791	1,813886497			
Total	21174,25879	10799				

Quadro 15 - Quadro resumo da ANOVA aos dados de margem bruta, resultantes dos dados selecionados de produtividade.

SUMÁRIO	800	600 VRT	Total	
<i>REP - 1</i>				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	620834	686263	706802	2013899
Média	517,36	571,89	589,00	559,42
Variância	43771,78	45943,10	45889,38	46109,69
<i>REP - 2</i>				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	661151	590230	665201	1916582
Média	550,96	491,86	554,33	532,38
Variância	47564,05	50211,03	62692,94	54282,90
<i>REP - 3</i>				
Contagem	1200	1200	1200	3600
Soma	801259	803295	642230	2246784
Média	667,72	669,41	535,19	624,11
Variância	53157,12	55534,03	41985,97	54152,31
<i>Total</i>				
Contagem	3600	3600	3600	
Soma	2083244	2079788	2014233	
Média	578,68	577,72	559,51	
Variância	52290,63	55807,34	50657,65	

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	15994387,27	2	7997194	161,1076	0	2,996564
Colunas	839992,6002	2	419996,3	8,461045	0,000212958	2,996564
Interacções	19714575,6	4	4928644	99,29011	3,90282E-83	2,372755
Dentro	535652529,1	10791	49638,82			
Total	572201484,6	10799				

Anexo III

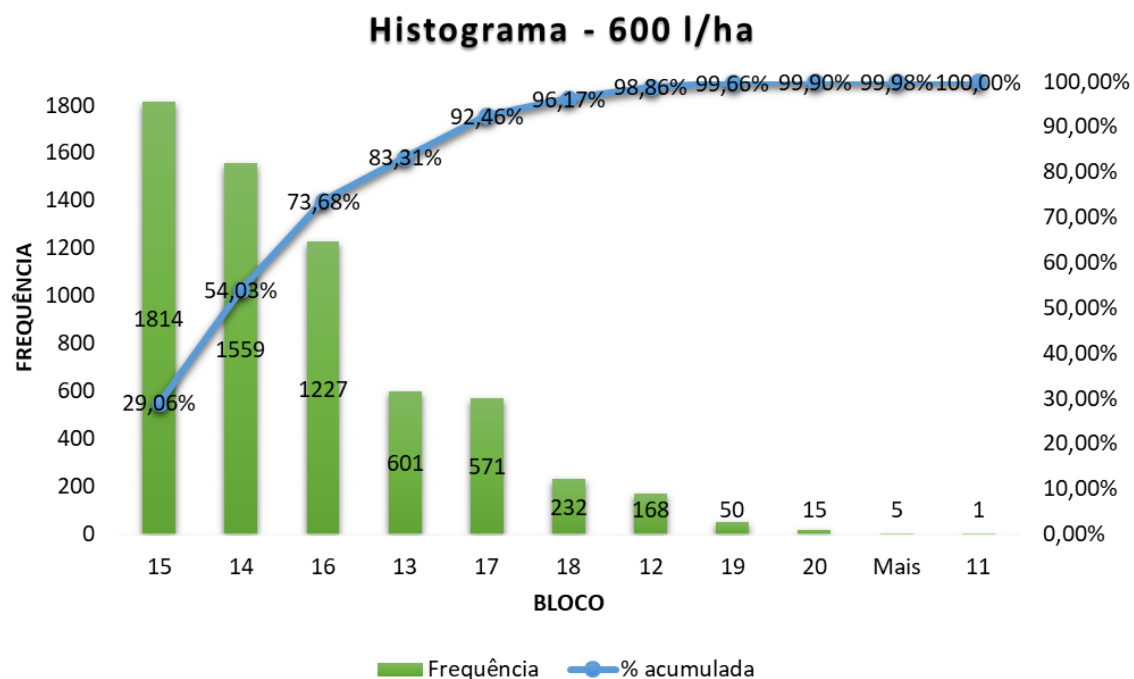


Figura 27 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 600 l/ha.

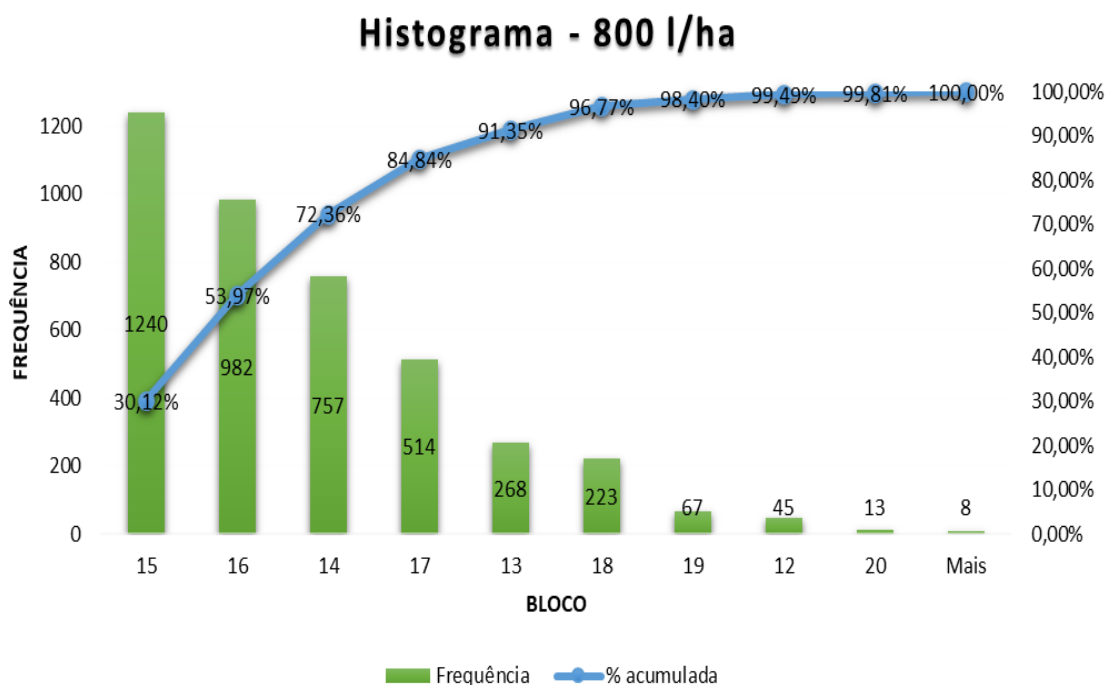


Figura 28 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 800 l/ha.

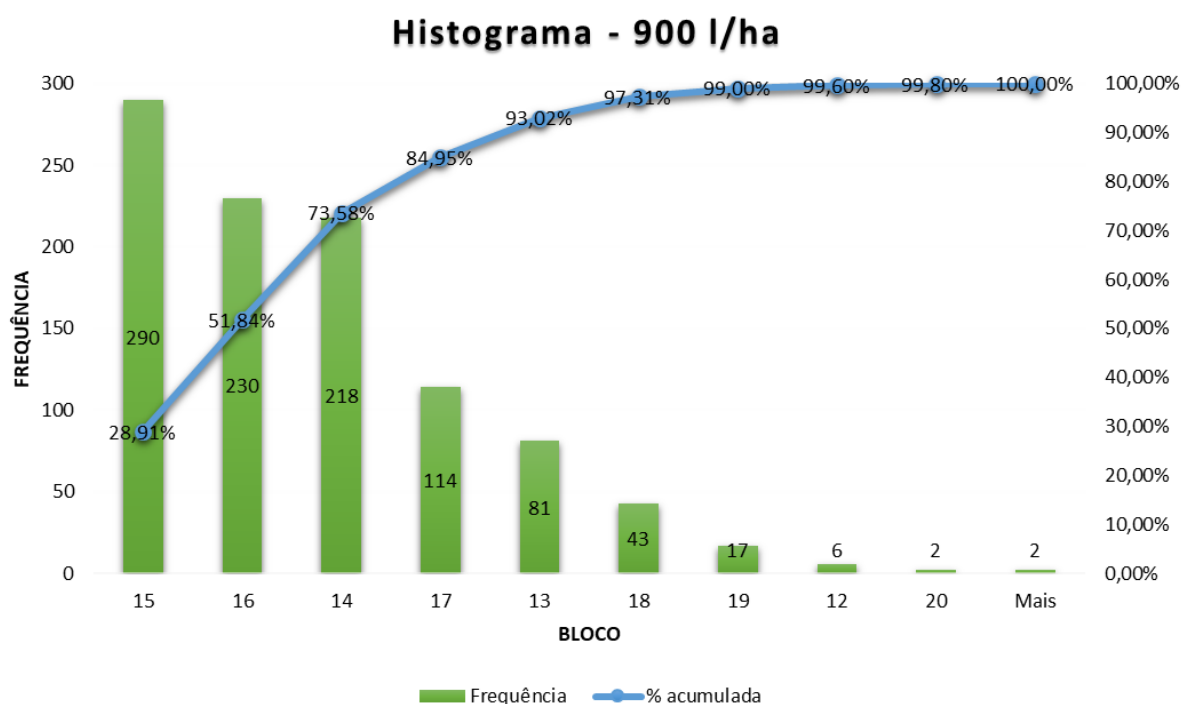


Figura 29 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 900 l/ha.

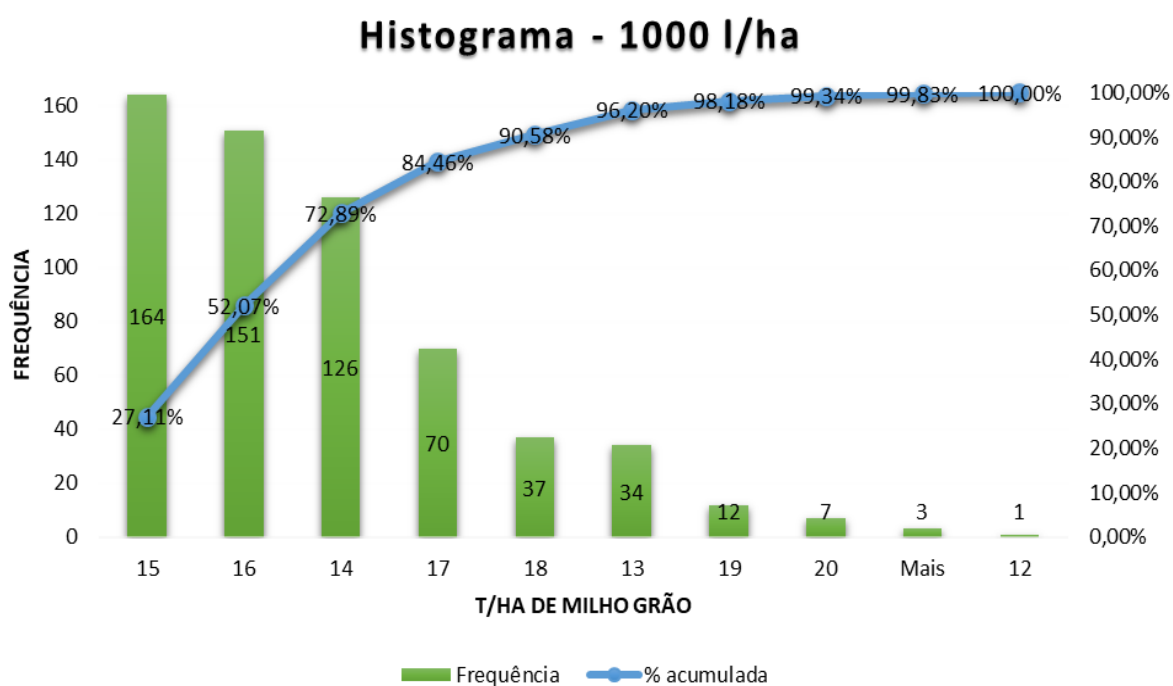


Figura 30 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 1000 l/ha.

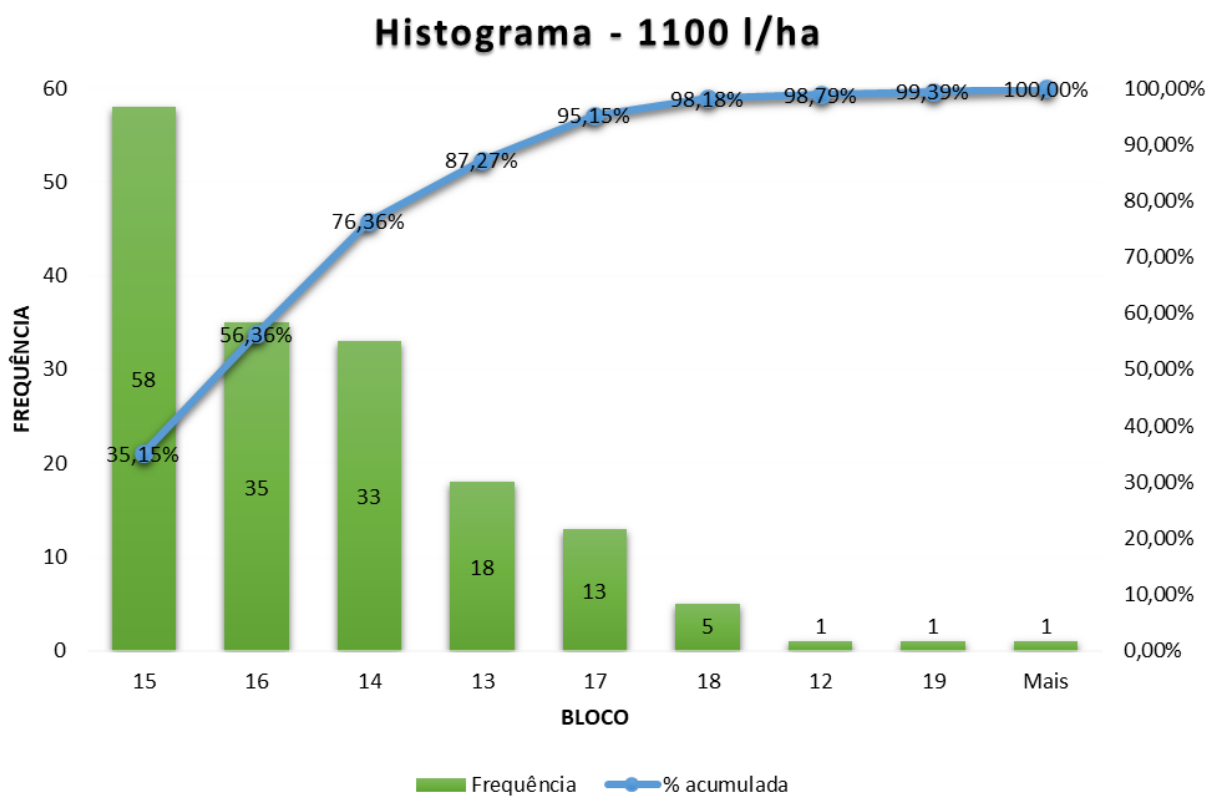


Figura 31 - Histograma da produtividade dos pontos fertilizados com 1100 l/ha.

Anexo IV

Quadro 16 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade segundo a fertilização ponto a ponto, entre todos os pontos de fertilização.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
600	6242	90638,82	14,5208	1,941306
800	4116	61332,08	14,90089	1,949009
900	1002	14812,08	14,78252	1,900893
1000	604	9063,717	15,00615	2,141353
1100	164	2389,525	14,57027	1,557727

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	432,5917	4	108,1479	55,59227	1,56E-46	2,372665
Dentro de grupos	23583,81	12123	1,945377			
Total	24016,4	12127				

Quadro 17 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade segundo a fertilização ponto a ponto, entre os pontos de fertilização 600 l/ha e 800 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
600	6242	90638,82	14,5208	1,941306
800	4116	61332,08	14,90089	1,949009

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	358,351	1	358,351	184,3021	1,26E-41	3,842357
Dentro de grupos	20135,87	10356	1,944367			
Total	20494,22	10357				

Quadro 18 - Quadro resumo da ANOVA referente à produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 1100 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
600	6242	90638,82	14,5208	1,941306
1100	164	2389,525	14,57027	1,557727

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,391153	1	0,391153	0,202508	0,652719	3,842911
Dentro de grupos	12369,6	6404	1,931543			
Total	12369,99	6405				

Quadro 19 - Quadro resumo ANOVA referente à produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 1000 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
600	6242	90638,82	14,5208	1,941306
1000	604	9063,717	15,00615	2,141353

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	129,731	1	129,731	66,22536	4,74E-16	3,842818
Dentro de grupos	13406,93	6844	1,958932			
Total	13536,66	6845				

Quadro 20 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividade em pontos com fertilização 600 l/ha e 900 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
600	6242	90638,82	14,5208	1,941306
900	1002	14812,08	14,78252	1,900893

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	59,14034	1	59,14034	30,55211	3,36E-08	3,842743
Dentro de grupos	14018,49	7242	1,93572			
Total	14077,63	7243				

Quadro 21 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com taxas de fertilização 800 l/ha e 600 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
800	4116	61332,08	14,90089	1,949009
900	1002	14812,08	14,78252	1,900893

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	11,29206	1	11,29206	5,821865	0,015863	3,843277
Dentro de grupos	9922,968	5116	1,939595			
Total	9934,26	5117				

Quadro 22 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com fertilização de 800 l/ha e 1100 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
800	4116	61332,08	14,90089	1,949009
1000	604	9063,717	15,00615	2,141353

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	5,835753	1	5,835753	2,956919	0,085576	3,843431
Dentro de grupos	9311,409	4718	1,973592			
Total	9317,245	4719				

Quadro 23 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades entre pontos com 900 l/ha e 1000 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
900	1002	14812,08	14,78252	1,900893
1000	604	9063,717	15,00615	2,141353

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	18,84708	1	18,84708	9,464757	0,00213	3,847263
Dentro de grupos	3194,03	1604	1,99129			
Total	3212,877	1605				

Quadro 24 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades em pontos com 900 l/ha e 1100 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
900	1002	14812,08	14,78252	1,900893
1100	164	2389,525	14,57027	1,557727

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	6,348712	1	6,348712	3,426479	0,064412	3,84946
Dentro de grupos	2156,704	1164	1,852838			
Total	2163,053	1165				

Quadro 25 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividades entre pontos com 800 l/ha e 1000 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
800	4116	61332,08	14,90089	1,949009
1100	164	2389,525	14,57027	1,557727

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	17,23995	1	17,23995	8,913675	0,002846	3,843633
Dentro de grupos	8274,083	4278	1,934101			
Total	8291,323	4279				

Quadro 26 - Quadro resumo ANOVA, comparação de produtividade entre pontos com 1000 l/ha e 1100 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
1000	604	9063,717	15,00615	2,141353
1100	164	2389,525	14,57027	1,557727

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	24,50502	1	24,50502	12,14827	0,000519	3,853627
Dentro de grupos	1545,145	766	2,017161			
Total	1569,65	767				

Anexo V

Quadro 27 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso do grão (kg/grão), nos pontos de amostragem de plantas.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
1	15	0,005325	0,000355	4,41E-09
2	25	0,007104	0,000284	5,21E-09
3	28	0,009183	0,000328	8,96E-10
4	25	0,007567	0,000303	2,14E-09
5	24	0,007603	0,000317	6,36E-10
6	22	0,007211	0,000328	1,92E-09
7	23	0,007345	0,000319	4,21E-09
8	16	0,005082	0,000318	1,07E-09

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	5,98E-08	7	8,54E-09	3,410614	0,00195045	2,063807
Dentro de grupos	4,26E-07	170	2,5E-09			
Total	4,85E-07	177				

Quadro 28 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso total verde (g), nos pontos de amostragem de grão.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
1	15	13840,5	922,7	92786,64
2	25	13602,5	544,1	25600,1
3	28	18796,5	671,3036	14582,84
4	25	16253	650,12	43512,15
5	24	12445,5	518,5625	26169,27
6	22	10724,5	487,4773	19622,23
7	23	14847	645,5217	40104,85
8	16	10939	683,6875	42396,93

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2321350	7	331621,4	9,581722	5,1138E-10	2,063807
Dentro de grupos	5883664	170	34609,79			
Total	8205014	177				

Quadro 29 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro nº de linhas/espiga, nos pontos de amostragem de plantas.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
1	15	262	17,46667	7,12381
2	25	458	18,32	2,56
3	28	500	17,85714	2,941799
4	25	446	17,84	2,973333
5	24	442	18,41667	3,123188
6	22	386	17,54545	1,497835
7	23	422	18,34783	4,600791
8	16	300	18,75	3,133333

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	27,72384	7	3,960548	1,194911	0,30820291	2,063807
Dentro de grupos	563,4672	170	3,314513			
Total	591,191	177				

Quadro 30 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro nº de grãos/linha, nos pontos de amostragem de grão.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
1	15	580	38,66667	31,09524
2	25	740	29,6	40,08333
3	28	966	34,5	51,81481
4	25	856	34,24	45,19
5	24	792	33	43,65217
6	22	720	32,72727	57,7316
7	23	870	37,82609	34,96838
8	16	618	38,625	62,11667

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1512,183	7	216,0262	4,709282	7,4786E-05	2,063807
Dentro de grupos	7798,311	170	45,87242			
Total	9310,494	177				

Quadro 31- Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), nos pontos de plantas amostradas.

SUMÁRIO						
<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>		
1	15	182251,8	12150,12	13281407		
2	25	318079,4	12723,17	17135885		
3	28	526842,5	18815,80	17447150		
4	25	387327,4	15493,10	20453006		
5	24	369408,9	15392,04	12349629		
6	22	304978,1	13862,64	15219316		
7	23	391929,9	17040,43	23973614		
8	16	221828,5	13864,28	13234077		

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	8,08E+08	7	1,15E+08	6,790805	4,1341E-07	2,063807
Dentro de grupos	2,89E+09	170	16992493			
Total	3,7E+09	177				

Quadro 32 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro peso de mil grãos (g/1000 grãos), nos pontos de plantas amostradas.

Anova: factor único

SUMÁRIO					
<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>	
1	15	5325	355	4407,244	
2	25	7104,2	284,168	5206,659	
3	28	9183	327,9643	896,1009	
4	25	7566,9	302,676	2136,302	
5	24	7602,7	316,7792	636,1409	
6	22	7210,5	327,75	1919,799	
7	23	7345,39	319,3648	4210,554	
8	16	4754,29	297,1431	5747,862	

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	65458,07	7	9351,152	3,205521	0,00324429	2,063807
Dentro de grupos	495924,3	170	2917,202			
Total	561382,4	177				

Quadro 33: Quadro resumo ANOVA, análise de variação ao número de plantas dos 8 pontos amostrados.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
Número de plantas	8	178	22,25	20,5
3 m ²	8	24	3	0

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1482,25	1	1482,25	144,6098	9,10E-09	4,60011
Dentro de grupos	143,5	14	10,25			
Total	1625,75	15				

Anexo VI

Quadro 34 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 1. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 50000 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	922,7 Média	473,05 Média	304,71 Média	17,467 Média	38,67 Média	0,0004 Média	355 Média	12150,12 Média	12,1501
Erro-padrão	78,6497 Erro-padrão	36,703 Erro-padrão	18,361 Erro-padrão	0,6891 Erro-padrão	1,44 Erro-padrão	2E-05 Erro-padrão	17,14 Erro-padrão	940,9714 Erro-padrão	0,94097
Mediana	902 Mediana	496,7 Mediana	323,3 Mediana	18 Mediana	40 Mediana	0,0004 Mediana	359,2 Mediana	12396,24 Mediana	12,3962
Desvio-padrão	304,609 Desvio-padrão	142,15 Desvio-padrão	71,114 Desvio-padrão	2,669 Desvio-padrão	5,576 Desvio-padrão	7E-05 Desvio-padrão	66,39 Desvio-padrão	3644,366 Desvio-padrão	3,64437
Variância da amostra	92786,64 Variância da amostra	20207 Variância da amostra	5057,2 Variância da amostra	7,1238 Variância da amostra	31,1 Variância da amostra	4E-09 Variância da amostra	4407 Variância da amostra	13281407 Variância da amostra	13,2814
Curtose	0,080015 Curtose	0,1137 Curtose	1,8492 Curtose	3,4579 Curtose	-0,402 Curtose	1,5536 Curtose	1,554 Curtose	0,35413 Curtose	0,35413
Assimetria	-0,47125 Assimetria	-0,303 Assimetria	-1,474 Assimetria	-1,518 Assimetria	-0,779 Assimetria	-1,1512 Assimetria	-1,15 Assimetria	-0,864 Assimetria	-0,864
Intervalo	1115,5 Intervalo	541,1 Intervalo	250,4 Intervalo	10 Intervalo	18 Intervalo	0,0003 Intervalo	258,7 Intervalo	13104,75 Intervalo	13,1048
Mínimo	307,5 Mínimo	191,6 Mínimo	147,3 Mínimo	10 Mínimo	27 Mínimo	0,0002 Mínimo	194,3 Mínimo	4345,65 Mínimo	4,34565
Máximo	1423 Máximo	732,7 Máximo	397,7 Máximo	20 Máximo	45 Máximo	0,0005 Máximo	453 Máximo	17450,4 Máximo	17,4504
Coef. Variação	33,01279 Coef. Variação	30,05 Coef. Variação	33,013 Coef. Variação	15,281 Coef. Variação	14,42 Coef. Variação	18,701 Coef. Variação	18,7 Coef. Variação	29,99449 Coef. Variação	29,9945
Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15 Contagem	15

Quadro 35 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 2. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 83333 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	544,1 Média	299,35 Média	182,79 Média	18,32 Média	29,6 Média	0,0003 Média	284,2 Média	12723,17 Média	12,7232
Erro-padrão	32,00007 Erro-padrão	15,616 Erro-padrão	15,725 Erro-padrão	0,32 Erro-padrão	1,266 Erro-padrão	1E-05 Erro-padrão	14,43 Erro-padrão	827,9103 Erro-padrão	0,82791
Mediana	546 Mediana	306,2 Mediana	178 Mediana	18 Mediana	31 Mediana	0,0003 Mediana	304,2 Mediana	13813,33 Mediana	13,8133
Desvio-padrão	160,0003 Desvio-padrão	78,079 Desvio-padrão	78,623 Desvio-padrão	1,6 Desvio-padrão	6,331 Desvio-padrão	7E-05 Desvio-padrão	72,16 Desvio-padrão	4139,551 Desvio-padrão	4,13955
Variância da amostra	25600,1 Variância da amostra	6096,4 Variância da amostra	6181,6 Variância da amostra	2,56 Variância da amostra	40,08 Variância da amostra	5E-09 Variância da amostra	5207 Variância da amostra	17135885 Variância da amostra	17,1359
Curtose	-0,4227 Curtose	-0,699 Curtose	1,4403 Curtose	-1,344 Curtose	-0,39 Curtose	2,056 Curtose	2,056 Curtose	-0,6487 Curtose	-0,6487
Assimetria	0,181633 Assimetria	0,0794 Assimetria	0,8278 Assimetria	-0,307 Assimetria	-0,689 Assimetria	-1,6491 Assimetria	-1,65 Assimetria	-0,64566 Assimetria	-0,6457
Intervalo	617 Intervalo	287,6 Intervalo	341,3 Intervalo	4 Intervalo	24 Intervalo	0,0003 Intervalo	264,7 Intervalo	14221,05 Intervalo	14,2211
Mínimo	246 Mínimo	154,3 Mínimo	70,1 Mínimo	16 Mínimo	15 Mínimo	0,0001 Mínimo	107,8 Mínimo	4338,75 Mínimo	4,33875
Máximo	863 Máximo	441,9 Máximo	411,4 Máximo	20 Máximo	39 Máximo	0,0004 Máximo	372,5 Máximo	18559,8 Máximo	18,5598
Coef. Variação	29,40642 Coef. Variação	26,083 Coef. Variação	43,013 Coef. Variação	8,7336 Coef. Variação	21,39 Coef. Variação	25,392 Coef. Variação	25,39 Coef. Variação	32,53552 Coef. Variação	32,5355
Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25

Quadro 36 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 3. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 93333 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	671,3036 Média	318,17 Média	207,85 Média	17,857 Média	34,5 Média	0,0003 Média	328 Média	18815,8 Média	18,8158
Erro-padrão	22,82139 Erro-padrão	12,272 Erro-padrão	10,189 Erro-padrão	0,3241 Erro-padrão	1,36 Erro-padrão	6E-06 Erro-padrão	5,657 Erro-padrão	789,3748 Erro-padrão	0,78937
Mediana	643,75 Mediana	330,1 Mediana	211,4 Mediana	18 Mediana	36,5 Mediana	0,0003 Mediana	330 Mediana	19156,87 Mediana	19,1569
Desvio-padrão	120,7594 Desvio-padrão	63,767 Desvio-padrão	52,944 Desvio-padrão	1,7152 Desvio-padrão	7,198 Desvio-padrão	3E-05 Desvio-padrão	29,93 Desvio-padrão	4176,979 Desvio-padrão	4,17698
Variância da amostra	14582,84 Variância da amostra	4066,2 Variância da amostra	2803,1 Variância da amostra	2,9418 Variância da amostra	51,81 Variância da amostra	9E-10 Variância da amostra	896,1 Variância da amostra	17447150 Variância da amostra	17,4472
Curtose	0,220374 Curtose	0,2124 Curtose	2,3563 Curtose	0,1092 Curtose	2,178 Curtose	1,475 Curtose	1,475 Curtose	3,173547 Curtose	3,17355
Assimetria	0,45152 Assimetria	-0,778 Assimetria	-1,419 Assimetria	-0,616 Assimetria	-1,319 Assimetria	0,4631 Assimetria	0,463 Assimetria	-1,30138 Assimetria	-1,3014
Intervalo	543,5 Intervalo	252,2 Intervalo	228 Intervalo	6 Intervalo	32 Intervalo	0,0001 Intervalo	143,5 Intervalo	20395,76 Intervalo	20,3958
Mínimo	434,5 Mínimo	157,7 Mínimo	45,8 Mínimo	14 Mínimo	12 Mínimo	0,0003 Mínimo	260 Mínimo	5178,88 Mínimo	5,17888
Máximo	978 Máximo	409,9 Máximo	273,8 Máximo	20 Máximo	44 Máximo	0,0004 Máximo	403,5 Máximo	25574,64 Máximo	25,5746
Coef. Variação	17,9888 Coef. Variação	20,042 Coef. Variação	25,472 Coef. Variação	9,6049 Coef. Variação	20,86 Coef. Variação	9,1275 Coef. Variação	9,128 Coef. Variação	22,19931 Coef. Variação	22,1993
Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28 Contagem	28

Quadro 37 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 4. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 83333 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)
Média	650,12 Média	305,88 Média	201,84 Média	17,84 Média	34,24 Média	0,0003 Média	302,7 Média	15493,1 Média
Erro-padrão	41,71913 Erro-padrão	16,478 Erro-padrão	12,318 Erro-padrão	0,3449 Erro-padrão	1,344 Erro-padrão	9E-06 Erro-padrão	9,244 Erro-padrão	904,5 Erro-padrão
Mediana	653 Mediana	311,4 Mediana	208,6 Mediana	18 Mediana	35 Mediana	0,0003 Mediana	307,1 Mediana	15923,33 Mediana
Desvio-padrão	208,5957 Desvio-padrão	82,39 Desvio-padrão	61,589 Desvio-padrão	1,7243 Desvio-padrão	6,722 Desvio-padrão	5E-05 Desvio-padrão	46,22 Desvio-padrão	4522,5 Desvio-padrão
Variância da amostra	43512,15 Variância da amostra	6788,1 Variância da amostra	3793,2 Variância da amostra	2,9733 Variância da amostra	45,19 Variância da amostra	2E-09 Variância da amostra	2136 Variância da amostra	20453006 Variância da amostra
Curtose	-1,04218 Curtose	-0,394 Curtose	-0,506 Curtose	4,5639 Curtose	0,005 Curtose	1,7752 Curtose	1,775 Curtose	-0,56068 Curtose
Assimetria	-0,24892 Assimetria	0,2679 Assimetria	0,1584 Assimetria	-1,534 Assimetria	-0,952 Assimetria	0,307 Assimetria	0,307 Assimetria	0,161353 Assimetria
Intervalo	715 Intervalo	308,6 Intervalo	241,7 Intervalo	8 Intervalo	23 Intervalo	0,0002 Intervalo	234,3 Intervalo	16420,8 Intervalo
Mínimo	278,5 Mínimo	170,5 Mínimo	86,3 Mínimo	12 Mínimo	19 Mínimo	0,0002 Mínimo	190,7 Mínimo	7437,3 Mínimo
Máximo	993,5 Máximo	479,1 Máximo	328 Máximo	20 Máximo	42 Máximo	0,0004 Máximo	425 Máximo	23858,1 Máximo
Coef. Variação	32,08572 Coef. Variação	26,936 Coef. Variação	30,514 Coef. Variação	9,6656 Coef. Variação	19,63 Coef. Variação	15,271 Coef. Variação	15,27 Coef. Variação	29,19042 Coef. Variação
Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem	25 Contagem

Quadro 38 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 5. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 80000 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	518,5625 Média	300,3 Média	197,94 Média	18,417 Média	33 Média	0,0003 Média	316,8 Média	15392,04 Média	15,392
Erro-padrão	33,021 Erro-padrão	15,523 Erro-padrão	10,412 Erro-padrão	0,3607 Erro-padrão	1,349 Erro-padrão	5E-06 Erro-padrão	5,148 Erro-padrão	717,3339 Erro-padrão	0,71733
Mediana	551,25 Mediana	301,35 Mediana	206,55 Mediana	18 Mediana	34 Mediana	0,0003 Mediana	319,7 Mediana	15446,74 Mediana	15,4467
Desvio-padrão	161,7692 Desvio-padrão	76,048 Desvio-padrão	51,01 Desvio-padrão	1,7673 Desvio-padrão	6,607 Desvio-padrão	3E-05 Desvio-padrão	25,22 Desvio-padrão	3514,204 Desvio-padrão	3,5142
Variação da amostra	26169,27 Variação da amostra	5783,3 Variação da amostra	2602 Variação da amostra	3,1232 Variação da amostra	43,65 Variação da amostra	6E-10 Variação da amostra	636,1 Variação da amostra	12349629 Variação da amostra	12,3496
Curtose	-0,15678 Curtose	0,6874 Curtose	2,1675 Curtose	0,6074 Curtose	3,122 Curtose	0,4408 Curtose	0,441 Curtose	2,046542 Curtose	2,04654
Assimetria	0,007169 Assimetria	-0,255 Assimetria	-0,86 Assimetria	-0,443 Assimetria	-1,31 Assimetria	-0,2659 Assimetria	-0,27 Assimetria	-0,79604 Assimetria	-0,796
Intervalo	680 Intervalo	338,6 Intervalo	248,8 Intervalo	8 Intervalo	29 Intervalo	0,0001 Intervalo	107,3 Intervalo	15720,83 Intervalo	15,7208
Mínimo	202 Mínimo	106,2 Mínimo	46,1 Mínimo	14 Mínimo	12 Mínimo	0,0003 Mínimo	264,9 Mínimo	5002,368 Mínimo	5,00237
Máximo	882 Máximo	444,8 Máximo	294,9 Máximo	22 Máximo	41 Máximo	0,0004 Máximo	372,2 Máximo	20723,2 Máximo	20,7232
Coef. Variação	31,1957 Coef. Variação	25,324 Coef. Variação	25,771 Coef. Variação	9,596 Coef. Variação	20,02 Coef. Variação	7,962 Coef. Variação	7,962 Coef. Variação	22,83131 Coef. Variação	22,8313
Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24 Contagem	24

Quadro 39 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 6. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 73333 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	487,4773 Média	280,53 Média	187,69 Média	17,545 Média	32,73 Média	0,0003 Média	327,8 Média	13862,64 Média	13,8626
Erro-padrão	29,86502 Erro-padrão	15,098 Erro-padrão	11,925 Erro-padrão	0,2609 Erro-padrão	1,62 Erro-padrão	9E-06 Erro-padrão	9,341 Erro-padrão	831,7374 Erro-padrão	0,83174
Mediana	487 Mediana	296,8 Mediana	198,35 Mediana	18 Mediana	35 Mediana	0,0003 Mediana	336,8 Mediana	14344,97 Mediana	14,345
Desvio-padrão	140,0794 Desvio-padrão	70,817 Desvio-padrão	55,934 Desvio-padrão	1,2239 Desvio-padrão	7,598 Desvio-padrão	4E-05 Desvio-padrão	43,82 Desvio-padrão	3901,194 Desvio-padrão	3,90119
Variação da amostra	19622,23 Variação da amostra	5015,1 Variação da amostra	3128,7 Variação da amostra	1,4978 Variação da amostra	57,73 Variação da amostra	2E-09 Variação da amostra	1920 Variação da amostra	15219316 Variação da amostra	15,2193
Curtose	-1,33525 Curtose	-0,233 Curtose	-0,28 Curtose	-0,285 Curtose	1,027 Curtose	-0,4411 Curtose	-0,44 Curtose	0,158895 Curtose	0,15889
Assimetria	-0,08769 Assimetria	-0,775 Assimetria	-0,735 Assimetria	0,1417 Assimetria	-1,337 Assimetria	-0,1694 Assimetria	-0,17 Assimetria	-0,80345 Assimetria	-0,8035
Intervalo	449,5 Intervalo	257,4 Intervalo	201,2 Intervalo	4 Intervalo	26 Intervalo	0,0002 Intervalo	178,8 Intervalo	14627,32 Intervalo	14,6273
Mínimo	234 Mínimo	118,1 Mínimo	67,7 Mínimo	16 Mínimo	15 Mínimo	0,0002 Mínimo	234 Mínimo	5250,96 Mínimo	5,25096
Máximo	683,5 Máximo	375,5 Máximo	268,9 Máximo	20 Máximo	41 Máximo	0,0004 Máximo	412,8 Máximo	19878,28 Máximo	19,8783
Coef. Variação	28,73557 Coef. Variação	25,244 Coef. Variação	29,802 Coef. Variação	6,9754 Coef. Variação	23,22 Coef. Variação	13,369 Coef. Variação	13,37 Coef. Variação	28,14179 Coef. Variação	28,1418
Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22 Contagem	22

Quadro 40 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 7. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 76666 plantas/ha.

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)
Média	645,5217 Média	360,09 Média	231,48 Média	18,348 Média	37,83 Média	0,0003 Média	319,4 Média	17040,43 Média
Erro-padrão	41,7575 Erro-padrão	17,733 Erro-padrão	13,432 Erro-padrão	0,4473 Erro-padrão	1,233 Erro-padrão	1E-05 Erro-padrão	13,53 Erro-padrão	1020,946 Erro-padrão
Mediana	642,5 Mediana	360,3 Mediana	235 Mediana	18 Mediana	37 Mediana	0,0003 Mediana	325,6 Mediana	16498,05 Mediana
Desvio-padrão	200,262 Desvio-padrão	85,045 Desvio-padrão	64,42 Desvio-padrão	2,1449 Desvio-padrão	5,913 Desvio-padrão	6E-05 Desvio-padrão	64,89 Desvio-padrão	4896,286 Desvio-padrão
Variância da amostra	40104,85 Variância da amostra	7232,7 Variância da amostra	4149,9 Variância da amostra	4,6008 Variância da amostra	34,97 Variância da amostra	4E-09 Variância da amostra	4211 Variância da amostra	23973614 Variância da amostra
Curtose	2,229202 Curtose	-0,719 Curtose	-0,393 Curtose	2,5135 Curtose	-0,126 Curtose	1,0378 Curtose	1,038 Curtose	-0,68671 Curtose
Assimetria	-1,03149 Assimetria	-0,039 Assimetria	-0,505 Assimetria	-0,861 Assimetria	0,477 Assimetria	-0,7443 Assimetria	-0,74 Assimetria	-0,16097 Assimetria
Intervalo	906 Intervalo	312,1 Intervalo	228,3 Intervalo	10 Intervalo	25 Intervalo	0,0003 Intervalo	278,1 Intervalo	17499,23 Intervalo
Mínimo	51 Mínimo	202,7 Mínimo	100,2 Mínimo	12 Mínimo	27 Mínimo	0,0002 Mínimo	171,4 Mínimo	8384,604 Mínimo
Máximo	957 Máximo	514,8 Máximo	328,5 Máximo	22 Máximo	52 Máximo	0,0004 Máximo	449,5 Máximo	25883,83 Máximo
Coef. Variação	31,02327 Coef. Variação	23,618 Coef. Variação	27,829 Coef. Variação	11,69 Coef. Variação	15,63 Coef. Variação	20,318 Coef. Variação	20,32 Coef. Variação	28,73335 Coef. Variação
Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem	23 Contagem

Quadro 41 - Quadro resumo ANOVA, comparação do parâmetro produção estimada (kg/ha), no ponto de amostragem 8. Neste ponto a densidade de plantas estimada é de 60000 plantas/h

Peso total verde (g)	Peso total seco (g)	Peso espiga seca (g)	nº linhas/espiga	nº grãos/linha	Peso/grão(kg/grao)	Peso 1000 grãos(g/1000graos)	produção (Kg/ha)	produção (t/ha)	
Média	683,6875 Média	337,06 Média	225,37 Média	18,75 Média	38,63 Média	0,0003 Média	297,1 Média	13864,28 Média	13,8643
Erro-padrão	51,47629 Erro-padrão	21,487 Erro-padrão	14,756 Erro-padrão	0,4425 Erro-padrão	1,97 Erro-padrão	8E-06 Erro-padrão	18,95 Erro-padrão	909,4668 Erro-padrão	0,90947
Mediana	676,25 Mediana	365,95 Mediana	245,1 Mediana	19 Mediana	42 Mediana	0,0003 Mediana	315,8 Mediana	14111,9 Mediana	14,1119
Desvio-padrão	205,9051 Desvio-padrão	85,948 Desvio-padrão	59,024 Desvio-padrão	1,7701 Desvio-padrão	7,881 Desvio-padrão	3E-05 Desvio-padrão	75,81 Desvio-padrão	3637,867 Desvio-padrão	3,63787
Variância da amostra	42396,93 Variância da amostra	7387 Variância da amostra	3483,8 Variância da amostra	3,1333 Variância da amostra	62,12 Variância da amostra	1E-09 Variância da amostra	5748 Variância da amostra	13234077 Variância da amostra	13,2341
Curtose	-0,09465 Curtose	-0,959 Curtose	-1,119 Curtose	-0,646 Curtose	-1,23 Curtose	0,9858 Curtose	10,41 Curtose	-1,23956 Curtose	-1,2396
Assimetria	0,155181 Assimetria	-0,589 Assimetria	-0,569 Assimetria	-0,227 Assimetria	-0,481 Assimetria	-0,4759 Assimetria	-2,99 Assimetria	-0,20457 Assimetria	-0,2046
Intervalo	784 Intervalo	269,7 Intervalo	177,3 Intervalo	6 Intervalo	24 Intervalo	0,0001 Intervalo	334,9 Intervalo	11248,03 Intervalo	11,248
Mínimo	320 Mínimo	175,5 Mínimo	125,3 Mínimo	16 Mínimo	26 Mínimo	0,0002 Mínimo	36,39 Mínimo	8356,608 Mínimo	8,35661
Máximo	1104 Máximo	445,2 Máximo	302,6 Máximo	22 Máximo	50 Máximo	0,0004 Máximo	371,3 Máximo	19604,64 Máximo	19,6046
Coef. Variação	30,11685 Coef. Variação	25,499 Coef. Variação	26,19 Coef. Variação	9,4407 Coef. Variação	20,4 Coef. Variação	10,276 Coef. Variação	25,51 Coef. Variação	26,23913 Coef. Variação	26,2391
Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16 Contagem	16

Anexo VII

Quadro 42 - Quadro resumo da ANOVA, 1ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
VRT - 1	718	10508,13	14,63528	1,866
600 - 1	717	10265,85	14,31778	2,228254

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	36,16422	1	36,16422	17,66693	2,79E-05	3,847956
Dentro de grupos	2933,352	1433	2,047001			
Total	2969,516	1434				

Quadro 43 - Quadro resumo da ANOVA, 2ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
VRT - 2	657	9302,441	14,15897	2,322713
600 - 2	654	8929,374	13,65348	2,067837

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	83,7459	1	83,7459	38,14318	8,76E-10	3,848573
Dentro de grupos	2873,997	1309	2,195567			
Total	2957,743	1310				

Quadro 44 - Quadro resumo da ANOVA, 3ª repetição do ensaio tratamento VRT – 600l/ha e tratamento 600 l/ha.

Anova: factor único

SUMÁRIO

<i>Grupos</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
VRT - 3	935	13446,78	14,38158	1,354902
600 - 3	958	14485,78	15,12086	2,043681

ANOVA

<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	258,6057	1	258,6057	151,8102	1,31E-33	3,846381
Dentro de grupos	3221,281	1891	1,70348			
Total	3479,886	1892				